





دولـــة فلسطين
وزارة التربية والتعليم

صيانة الآلات الصناعية

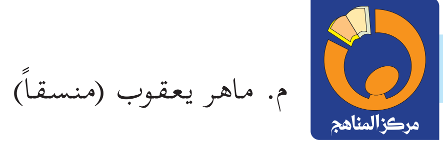
(نظري وعملي)

المسار المهني - الفرع الصناعي

فريق التأليف:

م. زياد القواسمة　　م. رامي أبو شخيدم

م. ماهر يعقوب (منسقاً)



قررت وزارة التربية والتعليم في دولة فلسطين

تدريس هذا الكتاب في مدارسها بدءاً من العام الدراسي 2018 / 2019م

الإشراف العام

رئيس لجنة المناهج	د. صبري صيدم
نائب رئيس لجنة المناهج	د. بصري صالح
رئيس مركز المناهج	أ. ثروت زيد

الدائــرة الفنية

الاشراف الفني	كمال فحماوي
التصميم	أمينة سالم
التحـرير اللغـوي	أ. أحمد الخطيب
متابعة المحافظات الجنوبية	د. سمية النخالة

الطبعة التجريبية

٢٠٢٠ م / ١٤٤١ هـ





حي الماصيون، شارع المعاهد

ص. ب 719 - رام الله - فلسطين

pcdc.mohe@gmail.com | pcdc.edu.ps

mohe.ps | mohe.pna.ps | moehe.gov.ps

.com/MinistryOfEducationWzartAltrbytWaltlym

فاكس 2983250-2-970+ هاتف 2983280-2-970+

تقديم

يتصف الإصلاح التربوي بأنه المدخل العقلاني العلمي النابع من ضرورات الحالة، المستند إلى واقعية النشأة، الأمر الذي انعكس على الرؤية الوطنية المطورة للنظام التعليمي الفلسطيني في محاكاة الخصوصية الفلسطينية والاحتياجات الاجتماعية، والعمل على إرساء قيم تعزز مفهوم المواطنة والمشاركة في بناء دولة القانون، من خلال عقد اجتماعي قائم على الحقوق والواجبات، يتفاعل المواطن معها، ويعي تراكيبها وأدواتها، ويسهم في صياغة برنامج إصلاح يحقق الآمال، ويلامس الأماني، ويرنو لتحقيق الغايات والأهداف.

ولما كانت المناهج أداة التربية في تطوير المشهد التربوي، بوصفها علماً له قواعده ومفاهيمه، فقد جاءت ضمن خطة متكاملة عالجت أركان العملية التعليمية التعلمية بجميع جوانبها، بما يسهم في تجاوز تحديات النوعية بكل اقتدار، والإعداد لجيل قادر على مواجهة متطلبات عصر المعرفة، دون التورط بإشكالية التشتت بين العولمة والبحث عن الأصالة والانتماء، والانتقال إلى المشاركة الفاعلة في عالم يكون العيش فيه أكثر إنسانية وعدالة، وينعم بالرفاهية في وطن نحمله ونعظمه.

ومن منطلق الحرص على تجاوز نمطية تلقّي المعرفة، وصولاً لما يجب أن يكون من إنتاجها، وباستحضار واعٍ لعديد المنطلقات التي تحكم رؤيتنا للطالب الذي نريد، وللبنية المعرفية والفكريّة المتوخّاة، جاء تطوير المناهج الفلسطينية وفق رؤية محكومة بإطار قوامه الوصول إلى مجتمع فلسطيني ممتلك للقيم، والعلم، والثقافة، والتكنولوجيا، وتلبية المتطلبات الكفيلة بجعل تحقيق هذه الرؤية حقيقة واقعة، وهو ما كان له ليكون لولا التناغم بين الأهداف والغايات والمنطلقات والمرجعيات، فقد تآلفت وتكاملت؛ ليكون النتاج تعبيراً عن توليفة تحقق المطلوب معرفياً وتربوياً وفكرياً.

ثمّة مرجعيات تؤطّر لهذا التطوير، بما يعزّز أخذ جزئية الكتب المقرّرة من المنهاج دورها المأمول في التأسيس؛ لتوازن إبداعي خلّاق بين المطلوب معرفياً، وفكرياً، ووطنياً، وفي هذا الإطار جاءت المرجعيات التي تم الاستناد إليها، وفي طليعتها وثيقة الاستقلال والقانون الأساسي الفلسطيني، بالإضافة إلى وثيقة المنهاج الوطني الأول؛ لتوجّه الجهد، وتعكس ذاتها على مجمل المخرجات.

ومع إنجاز هذه المرحلة من الجهد، يغدو إزجاء الشكر للطواقم العاملة جميعها؛ من فرق التأليف والمراجعة، والتدقيق، والإشراف، والتصميم، وللجنة العليا أقل ما يمكن تقديمه، فقد تجاوزنا مرحلة الحديث عن التطوير، ونحن واثقون من تواصل هذه الحالة من العمل.

وزارة التربية والتعليم

مركز المناهج الفلسطينية

آب / 2018م

مقدمة:

يأتي هذا المقرر ضمن خطة وزارة التربية والتعليم لتحديث المناهج الفلسطينية وتطويرها في الفروع التعليم المهني، بحيث يتضمن مصفوفة مهارات يجب توفيرها لخريج التعليم المهني، تكسبه مجموعة من الكفايات والمهارات التي يطلبها سوق العمل، وتواكب اخر التطورات الحديثة في علم الصناعة .

لقد تم تأليف هذا الكتاب ضمن منهجية الوحدات النمطية المبنية على المواقف والانشطة التعليمية، حيث يكون الطالب منتجا للمعرفة لا متقليا لها، ونعطي له الفرصة للانخراط في التدريبات التي يتم تنفيذها بروح الفريق والعمل الجماعي، لذا تضمنت وحدات هذا المقرر الحالات الدراسية التي تعمل على تقريب الطالب المتدرب من بيئة سوق العمل، والانشطة التعليمية ذات الطابع التطبيقي والمتضمنة خطة العمل الكامل للتمرين، لما يحتويه من وصف ومنهجية وموارد ومتطلبات تنفيذ التمرين، اضافة الى صناديق المعرفة، وقضايا التفكير التي تزيد من ذاكرة الطالب.

لقد تم ربط انشطة هذا الكتاب وتدريباته بقضايا عملية مرتبطة بالسياق الحياتي للطالب، وبما يراعي قدرته على التنفيذ، كما تم التركيز على البيئة والسوق الفلسطيني وخصوصياتهما عند طرح الموضوعات، وربطها بواقع الحياة المعاصرة، تجلى ذلك من خلال الامثلة العملية ، والمشاريع .

لقد تم ربط توزيع مادة الكتاب الذي بين ايدينا (الفصل الاول) على ثلاثة وحدات نمطية رئيسية، الوحدة الاولى تتعلق بصيانة الهيكل الميكانيكي الثابت، كما تم التعرف منها على ثلاثة مواقف تعليمية تطبيقية، اما الوحدة الثانية التي تتعلق بصيانة الهيكل الميكانيكي المتحرك، فتضمنت خمسة مواقف تعليمية عن كيفية القيام بأعمال الصيانة الميكانيكيّة الأساسيَّة لصيانة الهيكل الميكانيكيّ المتحرِّك من خلال مواقف تعليمية مرتبطة بواقع السوق، والوحدة الثالثة التي تتعلق بصيانة الدوائر الكهربائيّة الصناعيّة الأساسيَّة، فتضمنت تسعة مواقف تعليمية بحيث يكونوا قادرين على صيانة الدوائر الكهربائيّة الصناعيّة الأساسيَّة، وتوصيلها من مصادر الجهد إلى الأحمال في لوحات التوزيع.

ولما كانت هناك حاجة لصقل المعلومة النظرية بالخبرة العملية، فقد تم وضع مشروع في نهاية كل وحدة نمطية، وذلك لتطبيق ما تعلموه، ونأمل تنفيذه بإشراف المعلم.

ونسأل الله ان نكون قد وفقنا في عرض موضوعات هذا الكتاب، بما يراعي قدرات الطلبة ومستواهم الفكري وحاجاتهم وميولهم النفسية والوجدانية والاجتماعية، وكلنا امل بتزودنا بملحوظاتكم البناءة على هذا العمل، ليتم ادخال التعديلات والاضافات الضرورية في الطبعات اللاحقة، ليصبح هذا الجهد تاما ومتكاملا وخاليا من أي عيب أو نقص قدر الامكان، هذا والله ولي التوفيق.

والله ولي التوفيق

فريق التأليف

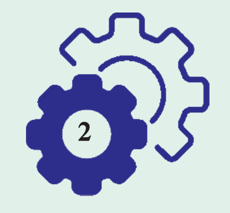
المحتويات

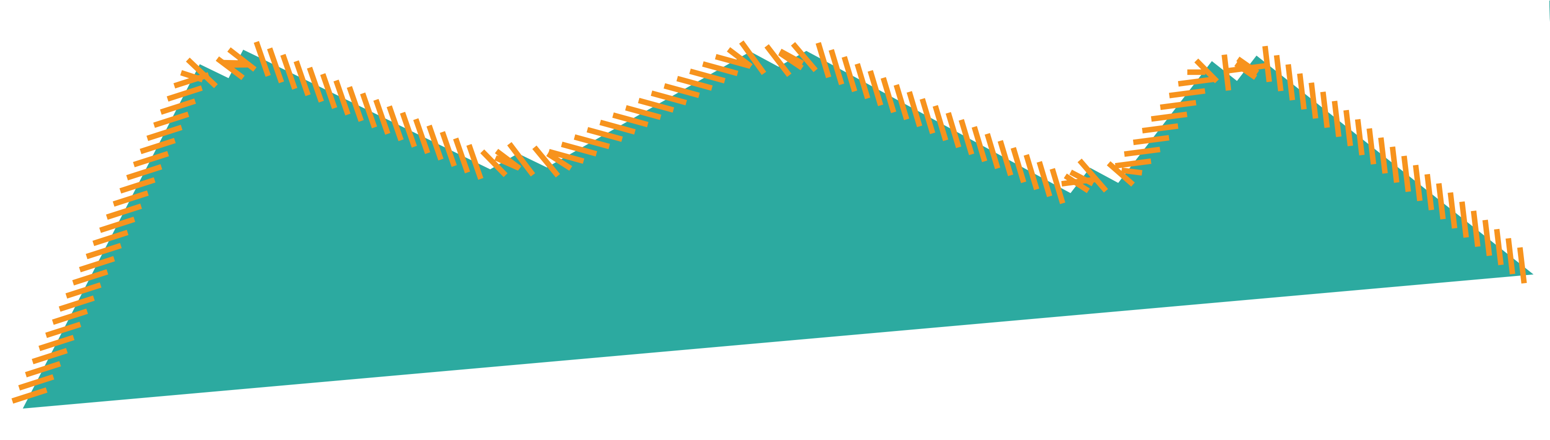
الوحدة النمطيّة الأولى

صيانة الهيكل الميكانيكيّ الثابت

أتأمل ثم أناقش:

«الاختيار والاستخدام السليم للعدد يسهل عليك العمل، ويحافظ على سلامتك»





يتوقع من الطلبة بعد دراسة وحدة صيانة الهيكل الميكانيكي الثابت، والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على استخدام العِدَد والأدوات اليدويّة وأجهزة القياس الأساسيَّة والمتقدمة، ويقوموا بأعمال الصيانة الميكانيكيّة الأساسيَّة لصيانة الهيكل الميكانيكيّ الثابت، وذلك من خلال الآتي:

1- استخدام العِدَد اليدويّة والأدوات ووسائل القياس الميكانيكيّة.

2- تثبيت الآلات وفكّها.

3- إجراء عمليّات التشغيل الآليّة للموادّ الميكانيكيّة.

الكفايات المهنيّة

الكفايات المتوقع امتلاكها من الطلبة بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة هي:

أولاً- الكفايات الحرفية، وتتمثل في القدرة على:

1- معرفة العِدَد اليدويّة ووسائل القياس الميكانيكيّة المستخدمة في الصيانة.

2- تنظيم وترتيب العِدَد والأدوات بشكل منظم ومرتب وفي أماكنها الخاصَّة.

3- اتِّباع الإرشادات والتعليمات الفنِّيَّة بكتالوج التركيب والصيانة والتشغيل.

4- قراءة مواصفات القطع الميكانيكيّة والالتزام بشروط التركيب الصحيحة.

5- اتِّباع الأسلوب العلميّ المناسب في عمليّة الفكّ والتركيب.

6- التركيب والتثبيت الصحيح للماكينة.

7- جمع المعلومات حول عمليّات التشغيل الآليَّة للموادّ الميكانيكيّة.

8- معرفة أنواع المخارط وأجزائها وعمل كلّ نوع.

9- أداء مهارات الصيانة الميكانيكيّة الأساسيَّة

10- المحافظة على السلامة المطلوبة أثناء العمل.

ثانياً- الكفايات الاجتماعيّة والشخصيّة:

1- المصداقية في التعامل مع الزبون.

2- الحفاظ على خصوصيّة الزبون.

3- تلبية رغبات الزبون.

4- إقناع الزبون.

5- القدرة على تحمّل النقد.

6- الالتزام بأخلاقيّات المهنة.

ثالثاً- الكفايات المنهجية:

1- التعلم التعاوني.

2- الحوار والمناقشة.

3- البحث العلمي.

4- العصف الذهني.

قواعد الأمن والسلامة المهنيّة:

1- ارتداء ملابس السلامة المهنيّة المناسبة قبل البدء في العمل (خوذة، حذاء معزول، كفوف يدويّة، روب العمل).

2- الحصول على العِدَّة الملائمة.

3- فحص العِدَد اليدويّة قبل استخدامها، والتأكّد من أنَّها سليمة.

4- عدم استعمال عدة بديلة مؤقتة كأن تكون مصمَّمة لغرض آخر.

5- ملابس اللحام الإضافية مثل المريول والقفازات الجلدية.

6- استعمال وجه اللحام أو خوذة اللحام.

7- التأكّد من أن العِدَّة ذات الحجم المناسب الصحيحة لأداء العمل بأمان.

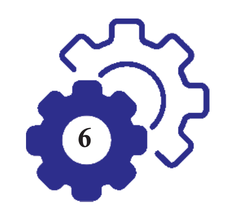
1-1 الموقف التعليمي الأول: استخدام العِدَد اليدويّة ووسائل القياس الميكانيكيّة

وصف الموقف التعليمي:

حضر فني صيانة لمؤسسة صيانة الآلات الصناعيّة يريد عمل قائمة بأسماء العِدَد اليدويّة، ووسائل القياس الميكانيكيّة الموجودة في قسم الصيانة، ليستخدمها في تجهيز قسم صيانة جديد.

العمل الكامل:

خطوات العمل	الوصف	المنهجية	الموارد
أجمع البيانات، وأُحلِّلها	• أجمع بيانات من فني الصيانة عن طبيعة قسم الصيانة. • أجمع بيانات عن العِدَد اليدويّة ووسائل القياس الميكانيكيّة.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلميّ.	• قسم الصيانة. • الشبكة العنكبونية. • القرطاسية.
أُخطِّط، وأُقرِّر	• أصنف العِدَد اليدويّة ووسائل القياس الميكانيكيّة وتبويبها • تقدير التكاليف.	• الحوار والمناقشة. • العمل في مجموعات.	• القرطاسيّة. • وثائق. • نموذج تقدير التكاليف.
أُنفّذ	• استخدام أدوات السلامة المهنيّة وفقاً للمعايير الفنِّيَّة وأنظمة السلامة ذات الصلة. • شراء العِدَد اليدويّة ووسائل القياس المطلوبة.	• العمل التعاوني.	• صندوق العِدَّة. • الوثائق.
أتحقّق	• التأكّد من السلامة والاحتياطات الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار أثناء حصر العِدَد اليدويّة ووسائل القياس. • التأكّد من شراء العِدَّة اللازمة.	• النقاش والحوار. • العمل الجماعي.	• قائمة التدقيق الخاصَّة بالتحكّم بالعمل.



أُوثِّق، وأقدم	• تم جمع بيانات من الزبون عن طبيعة قسم الصيانة. • تم إنشاء قوائم خاصَّة بالعِدَد اليدويّة ووسائل القياس الميكانيكيّة المستخدمة. • تم إعداد جدول تكلفة. • تم التأكّد من أن هذه العدد هي المطلوبة.	• الحوار والمناقشة.	• جهاز حاسوب. • جهاز عرض. • أقلام وقرطاسية.
أُقوم	• رضى فني الصيانة بما يتفق مع طلبة. • المطابقة مع المواصفات والمعايير.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي.	• نماذج التقييم. • طلب الزبون.

الأسئلة:

1- أعطِ مثالاً على أهم العِدَد اليدويّة ووسائل القياس المستخدمة في ورشة الصيانة.

2- اكتب تقريراً كيف تحافظ على العِدَد اليدويّة في داخل الورشة.

3- أحضر عيّنات من العِدَد اليدويّة ووسائل القياس.



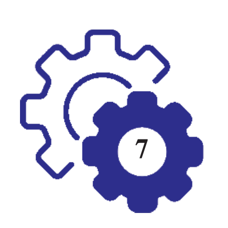
نشاط: احصر العِدَد اليدويّة في بيتك.

تُعدّ العدد والمُعَدّات جزء أساسي من حياتنا العمليّة، حيث من الصعب أن يخلو أي مكان عمل من هذه المُعَدّات الَّتي تساعدنا في تسهيل كثير من العمليّات، وتقسم العدد الى:

1- العِدَد اليدويّة.

2- العِدَد الكهربائيّة.

3- الأجهزة والمُعَدّات الميكانيكيّة.



أولاً- العِدَد اليدويّة:

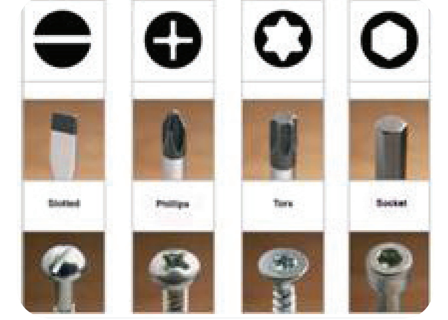
1- المطرقة (Hammer):


شكل (1): أنواع مختلفة من المطارق

هناك أنواع مختلفة من المطارق، وجميعها تستخدم في التقبيب، والجمع، والتنعيم، والاستعدال، والبرشمة، ويختلف شكل الرأس وطول وشكل اليد حسب الاستعمال، ويصنع الرأس من الصلب، ويقسّى بعد ذلك، ثمَّ يركب له يد خشبية، على أن تكون من خشب الشوم أو السنديان، الشكل (1).

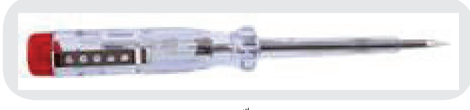
2- المفكّ (Screw Driver):

تستخدم في فك المسامير وربطها، وهي متعدّدة المقاسات، ومقبضها معزول إما من البلاستيك أو الخشب، ويجب استخدام مفكّات بمقابض صلبة ومتينة، وأن تكون ذات قياس مناسب لمكان العمل وشكل مناسب للبرغي، وأن تكون الأيدي نظيفة من الزيوت والشحوم، وتصنّف المفكّات حسب نوع رؤوسها كالتالي:



شكل (2): أنواع المفكّات حسب نوع رؤوسها

أ- مفكّات ذات الرأس السطحيّ (Slotted).
ب- مفكّات ذات رأس فلبس (المصلب) (Philips).
ج- مفتاح توركس (Torx)، وغالباً ما يتمّ الخلط بين هذا النوع من البراغي، والبراغي ذات الشكل النجمي الخماسي أو السداسي.
د- مفتاح ربط ألن (Socket/Allen).

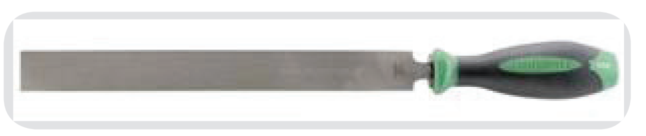

شكل (3): مفكّ الاختبار (Tester)

وهناك مفكّ الاختبار (Tester)، وهو مفكّ ذو مقبض عازل، يحتوي على لمبة صغيرة تضيء فقط عند ملامسة أحد الأصابع للمسمار المثبت بأعلى ظهر المفك، وملامسة طرفه الآخر لسطح ما يراد اختبار مرور التيّار الكهربائيّ فيه.

3- المِبرد (Hand Files):

البرادة: هي عمليّة إزالة أجزاء صغيرة من المادة أو المعدن لغرض تنعيم السطح، أو تأكيد الوصول لمقاييس دقيقة، والعِدَّة المستخدمة لذلك تعرف بالمبارد، وتتمّ هذه العمليّة يدويّاً.

ويستخدم المبرد للحصول على أسطح مستوية أو متوازية، فهو يقوم بإزالة أجزاء من سطح قطعة العمل على شكل شظايا للحصول على الشكل المطلوب، الشكل (4).



شكل (4): المبرد

4- مفاتيح الشدّ (Wrench):

يجب استخدام مفاتيح مناسبة خالية من العيوب، الشكل (5).

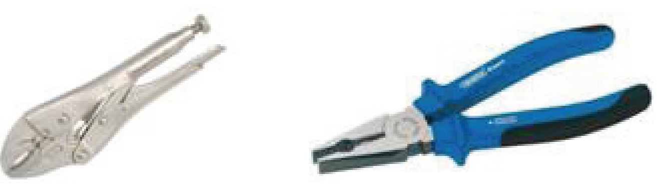
تنبيه: يجب أن يكون الشدّ باتجاه العامل، وأن تكون الفتحة باتجاه الشدّ، وعدم زيادة طول الذراع باستخدام وصلة إضافية، بل استبدال المفتاح بآخر أطول.



شكل (5): أشكال من مفاتيح الشدّ

5- أدوات النزع والتثبيت (الزرّديّات) (Pliers):

تستخدم في سحب الأسلاك، وقطعها، وثنيها، ومسك الأجزاء الأسطوانيّة والمسطحة ذوات القطر الرفيع، ويجب استخدام أدوات بمقابض صلبة ومتينة، وأن تكون معزولة عن التوصيلات الكهربائيّة، وأن تكون ذات قياس مناسب لمكان العمل والقطعة المراد نزعها أو تثبيتها، وأن تكون الأيدي نظيفة من الزيوت والشحوم، وهناك عدة أشكال للزرّديّات حسب الاستعمال، الشكل (6).



زرّديّة عادي — زرّديّة كبس — زرّديّة مضخّة الماء

شكل (6): أشكال الزرّديّات

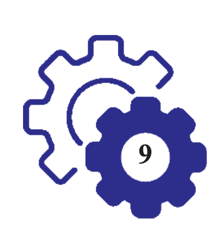
6- الإزميل/ الأجنة (Chisel):



شكل (7): الأزميل

يستعمل الإزميل لإزالة طبقات رقيقة من سطوح القطع المعدنيّة، ويستعمل الإزميل عادة مع المطرقة اليدويّة الّتي يطرق بواسطتها على نهاية مقبض الإزميل، فتقوم حافّتها القاطعة بإزالة المعدن. تُعدّ عمليّة القطع بالإزميل من عمليّات التشغيل الّتي تفتقر إلى الدقّة، لذلك فإنَّ استعمالها يقتصر على الأعمال الّتي لا تتطلّب الدقّة العالية في الإنجاز، الشكل (7).

من الملاحظات المُهِمَّة حول كيفية استعمال الإزميل هي تحديد زاوية ميل الإزميل على سطح القطعة.



7- السنبك/ الشوكة (Nail Punch):

تستخدم لتحديد مراكز على قطعة العمل بغرض تنفيذ عمليّة لاحقة مثل الثقب، وتصنع من الصلب المصلد، الشكل (8).

شكل (8): السنبك (الشوكة)

وتقسم السنابك إلى نوعين هما:

أ- **سنبك لمراكز الثقوب:** تكون زاوية الرأس المدبَّب (60°).

ب- **سنبك العلام:** تكون زاوية الرأس المدبَّب (30°).

8- المنشار اليدويّ (Hand Saw):

تعتمد عمليّة النشر اليدويّ على القوة العضلية، مع مراعاة قيادة سلاح المنشار في مستوى ثابت، والضغط على السلاح أثناء الحركة للأمام، حيث تقوم أسنان المنشار بإزالة المعدن، كما في الشكل (9).

شكل (9): المنشار اليدويّ

تقسم أسلحة المناشير حسب عدد الأسنان في البوصة إلى ثلاثة أنواع:

أ- **خشن:** للموادّ الطريَّة (الليّنة) مثل الألمنيوم، النحاس، البلاستيك. (16 سن في البوصة).

ب- **متوسّطة:** للموادّ متوسّطة الصلابة مثل الأنابيب والفولاذ المشكّل. (22 سن في البوصة).

ج- **دقيق:** للموادّ الصلبة مثل الأسلاك الكهربائيّة والأنابيب رقيقة الجدران. (32 سن في البوصة).

9- الملزمة/ المنجلة (Vice):



تصنع الملزمة من الحديد الصلب المسبوك، ويتمدَّد مقاسها بعرض فكّيها، والفكّان أحدهما ثابت والآخر متحرِّك، وهما متوازيان، وسطحاهما الملاصقان للجسم خشنان؛ ليكون التثبيت جيداً، الشكل (10).

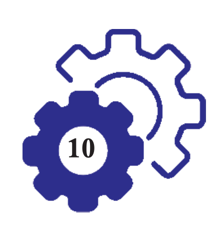
شكل (10): الملزمة

10- بريصة السحب (Wheel Puller):



تستخدم لإخراج البيل، والتروس، والبكرات من أعمدة الدوران، الشكل (11).

شكل (11): أشكال بريصة السحب



ثانياً- العِدَد الكهربائيّة:

1- أدوات قطع وجلخ/ الصاروخ (Grinder)، الشكل (12):

- اختيار نوع القرص وقطره المناسبين لنوع العمل، والتأكّد من تثبيت القرص في مكانه، مع استخدام الواقي، واستبدال القرص عند بداية تلفه.
- تثبيت القطعة لمنع انزلاقها.

شكل (12): الصاروخ

2- المثقب/ الدرل (Drill):

تستخدم آلات الثقب لتشغيل الثقوب أو التجاويف الأسطوانيّة، وهناك أنواع مختلفة الشكل والمقاسات من المثاقيب نذكر الشائع الاستخدام منها، الشكل (13).

أ- المثقاب اليدويّ (Electrical Drilling Machine).

ب- المثقاب العمودي البسيط/الطاولة (Bench Drilling Machine).

ج- المثقاب القائم (Vertical Drilling Machine).



شكل (13): المثقب (الدرل)



ومن الأمور الَّتي يجب الأخذ بها عند استخدام المثاقب:

- تثبيت الريشة بشكل جيد.
- عدم وجود تلف في شريط التغذية.
- أن تكون الريشة بطول ونوع مناسب للعمل (ريشة معدن/ ريشة خشب).

ثالثاً- الأجهزة والمُعَدّات الميكانيكيّة:

1- الرافعة (Overhead Crane):

هي آلة رفع عادة مجهزة بلفافة أسلاك يمكن استخدامها سواء لرفع الموادّ أو تنزيلها ونقلها أفقياً، تُستخدم عادة في عمليّات النقل لتحميل البضائع وتفريغها، وفي العمارة لنقل موادّ البناء، وفي المصانع لتجميع المُعَدّات الثقيلة، الشكل (14).



شكل (14): الرافعة



2- رافعات السلسلة (Chain Crane):

تعمـل رافعـات السلسـلة بشـكل بسـيط وغيـر معقـد، وتتميّـز بأنـهـا خفيفـة الـوزن وقويـة جـداً، وتأتـي علـى أحجـام وأنـواع مختلفـة، الشـكل (15).



شكل (15): رافعات السلسلة

3- الجكات (Jacks) شكل (16):



شكل (16): الجكات

رابعاً- أدوات القياس الميكانيكيّة:

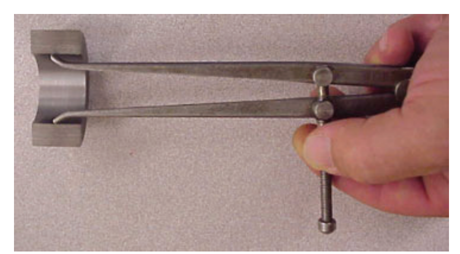
تجري عمليّة القياس على طريقتين:

1- القياس المباشر: يتم ذلك عن طريق استخدام أدوات القياس الخطِّيّة مثل المتر ومسطرة القياس، وتقرأ قيمة القياس مباشرة على أداة القياس.

2- القياس غير المباشر:

أ- أدوات القياس الناقلة:

تقيس هـذه الأدوات الأبعـاد الخطِّيّة والأقطـار الخارجيّة والداخليّة الَّتي يصعـب قياسـها مباشـرة بالمسـطرة، ويتـم ذلـك عـن طريـق وسـائل مسـاعدة مثـل الفرجـارات لاستشـعار البعـد المـراد قياسـه، ومـن ثـمَّ مقارنتـه مـع جهـاز قيـاس مثـل المسـطرة، الشـكل (17).



فرجار داخلي



فرجار خارجيّ

شكل (17): أدوات القياس الناقلة



ب- أدوات القياس الخطّيّ القابلة للضغط (التبديل):

تستخدم هذه الأدوات لقياس الأبعاد الداخليّة والخارجيّة بدقّة عالية تتراوح بين (0.1mm) و(0.001mm)، ومنها:

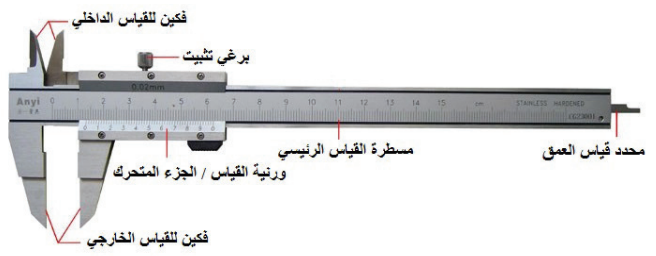
1- القدمة ذات الورنيّة/ الكليبر (Vernier Caliper):

تُعدّ من أهم أجهزة القياس المستعملة في ورش الميكانيكا بصفة عامة، وورش التشغيل بصفة خاصّة؛ لإجراء قياسات الأبعاد الخارجيّة والداخليّة وأعماق الثقوب في القطع والمشغولات.

أ- أجزاء الكليبر: يتكوَّن الكليبر من جزئين رئيسيّين، شكل (18).

أولاً- الجزء الثابت، ويحتوي على فك ثابت متصل بمسطرة القياس الرئيسيّ، وتكون مسطرة القياس الرئيسيّ مدرجة بالمليميتر من ناحية، وبالبوصة من ناحية أخرى.

ثانياً- الجزء المتحرِّك، وهو عبارة عن منزلقة تحمل الفكّ المتحرِّك والجزء المتحرِّك، وتكون مدرَّجة بأجزاء المليميتر على حسب دقَّة القياس.



شكل (18): أجزاء الكليبر

ب- كيفية القياس بالكليبر:

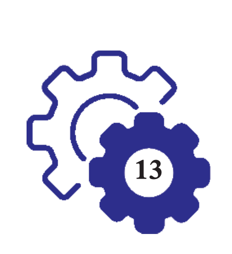
- ننظر إلى الجزء المتحرِّك، ونقرأ الرقم الَّذي على يسار الصفر (الرقم الأقل).
- ننظر ابتداءً من صفر الجزء المتحرِّك، ونحدد أول تطابق تام بين تدرّجي الجزء المتحرِّك والجزء الثابت ثمَّ نقرأ عدد تدرّج القدمة المسجّلة مع التطابق، يضرب هذا العدد في دقَّة الكليبر، ويكون ذلك قيمة قراءة الكليبر، أو نأخذ الرقم الصحيح، ويكون بأجزاء المليميتر، ثمَّ نجمع القراءة الأولى مع الثانية؛ لتكون نتيجة قيمة القياس على جهاز الكليبر.

وهناك عدة أنواع للكليبر مختلفة في دقَّة القياس، فمنها ما تكون دقَّة القراءة (0.05، 0.02، 0.1mm).

يتم تحديد دقَّة الكليبر من لوحة تفاصيل الجهاز، وعادة ما تكون مسجّلة على الجهاز.

إذا لم نتمكن من ذلك، فيمكن حساب الدقَّة بطريقة بسيطة جداً، بحيث إذا علمنا أن مقياس الجزء المتحرِّك الإجمالي يساوي (1mm) ؛ فيمكن عدّ عدد التدرّجات في الجزء المتحرِّك ولتكن (ن) مثلاً، وتحسب بالعلاقة الآتية:

$$\text{الدقَّة} = \left(\frac{1}{\text{ن}}\right) \text{ مم.}$$



مثال: إذا كان عدد التدرّجات على الجزء المتحرِّك (ن = 50) (وتسمى هذه الورنيّة الخمسينية)، وتكون دقتها تساوي ($0.02\ mm = \frac{1}{50}$).

ج- **تطبيق على كيفية القياس بالكليبر،** شكل (19):

دقة الجهاز = ($0.02\ mm = \frac{1}{50}$) (الكليبر خمسينية)	
قياس الجزء الثابت	6 mm
قياس الجزء المتحرِّك	30 × 0.2mm = 0.6mm
قيمة القياس على الجهاز	6 + 0.6 = 6.6mm

شكل (19): تطبيق على كيفية القياس بالكليبر

د- **أنواع الكليبر:**

1- توجد أنواع متعدّدة من الكليبرات المستعملة لقياس الأبعاد في الورش، ومن أهم الأنواع ما يلي، شكل (20):

1- القدمة ذات الورنيّة قدمة (Vernier Caliper).
2- وجه الساعة (Dial Caliper).
3- القدمة الرقميَّة (Digital Caliper).
4- قدمة قياس الارتفاعات (Hight Caliper).



شكل (20): أنواع الكليبيرات

2- الميكرومتر (Micrometer):

يُعدّ الميكرومتر من أجهزة القياس المهمة لتحديد الأبعاد الخارجيّة الصغيرة، كقياس قطر سلك ما، أو قياس سمك كتلة، بدقَّة كبيرة تصل إلى (0.01mm)، وقد تصل في بعض الأجهزة قيماً دون ذلك (0.001mm)، ويوجد من الميكرومتر أنماط لنطاقات قياس تتراوح من (0 - 25mm) ، ومن (25mm - 50mm)، وهكذا.

أ- **أجزاء الميكرومتر**، الشكل (21).

يتكوّن جهاز ميكرومتر القياس الخارجيّ من جزئين أساسيين:

أ - الجزء الثابت: يحتوي على إطار على شكل حرف (U) لحمل بقية مكوّنات الجهاز الثابتة والمتحرِّكة. وهناك تدريج طولي يكون التدرّج الرئيسيّ للقياس مدرج بـ (1mm) من فوق و (0.5mm) من الأسفل.

ب - الجزء المتحرِّك: هو اسطوانة متحركة الّتي إذا قمنا بتحريكها حركة دورانيّة عن طريق مسمار جاس يتحرك عمود القياس لتثبيت القطعة المراد قياسها، عادة ما يكون محيط جلبة القياس مقسماً إلى 50 تدرّج، وكل تدرّج قيمته (0.01mm)، ويسمح تحريكها دورة كاملة بالتقدم بمقدار (0.5mm).

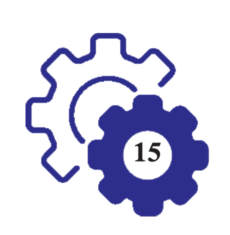
ويمكن تحديد حساسيّة القياس في الميكرومتر عن طريق القانون التالي:

$$\text{حساسيّة القياس للميكرومتر} = \frac{\text{خطوة القلاووظ في عمود القياس}}{\text{عدد أقسام تدريج جلبة القياس}}$$

من هنا يمكن استخلاص حساسيّة الجهاز بأنه: $(0.01mm = \frac{1}{100} = \frac{0.5}{50})$



شكل (21): أجزاء الميكرومتر



ب- **أنواع الميكرومتر**، شكل (22):



ميكرومتر لقياس الأقطار الداخليّة　　ميكرومتر لقياس الأقطار الخارجيّة　　ميكرومتر لقياس الأعماق

شكل (22): أنواع الميكرومتر

ج- **أسلوب استخدام الميكرومتر في القياس:**

- يضبط فكي القياس على مقياس أكبر القطعة المراد قياسها.
- يسند السندان (الفك الثابت) على القطعة المراد قياس البعد بها.
- يحرك عمود الميكرومتر ومعه الفكّ المتحرِّك لإدارة الجلبة الخارجيّة حتى يقترب الطرف من القطعة.
- يدار مسمار جاس للضبط الدقيق حتى لا يزيد الضغط على القطعة.

د- **قراءة الميكرومتر:**

1- قراءة القياس الرئيسيّ: تؤخذ قيمة آخر خطّ ظاهر على الأسطوانة الثابتة، وتكتب عدداً صحيحاً أو نصف عدد.

2- قراءة القياس على الأسطوانة المتحرِّكة: تؤخذ قيمة الخط المتطابق من القرص الدائريّ المدرج على خطّ التدريج للأسطوانة المتحرِّكة، وتكتب رقماً من مائة (0.01mm)، الشكل (32 - أ، 32 - ب).



الشكل (32 - أ): قراءة الميكرومتر

قراءة قياس الأسطوانة المتحرِّكة: 7.00 mm

قراءة أنصاف المليمترات: 0 mm

قراءة قياس الأسطوانة الثابتة: 0.38 mm

القراءة النهائيّة: 7.0 + 0 + 0.38 = **7.38 mm**



الشكل (32 - ب): قراءة الميكرومتر

قراءة قياس الأسطوانة المتحرِّكة: 7.00 mm

قراءة أنصاف المليمترات: 0.5 mm

قراءة قياس الأسطوانة الثابتة: 0.22 mm

القراءة النهائيّة: 7.0 + 0.5 + 0.22 = **7.72 mm**

3- أدوات قياس الزوايا:

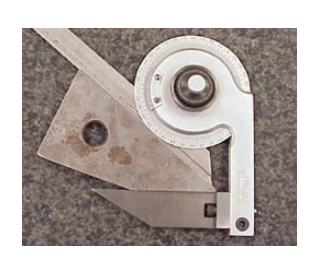
تُعدّ زاوية القياس من الأدوات الَّتي تستخدم لمراجعة وضبط قياس ميل الزوايا للمشغولات المنتهية، مثل فحص تعامد أجزاء المشغولات (90°) أو الزوايا المائلة الحادَّة أو المنفرجة، كما أن الزوايا تستخدم في عمليّات التخطيط الأولى للمشغولات، ولزوايا القياس أشكال وأحجام مختلفة، الشكل (24).



الزوايا القائمة



منقلة قياس الزوايا



الزوايا المؤتلفة الشاملة

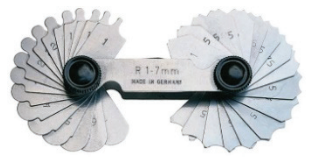
شكل (24): أنواع أدوات قياس الزوايا

4- أدوات القياس ذات القيمة الثابتة (Limit Gage):

تختص كلّ أداة ضمن هذه الفئة بقيمة محدّدة، ويطلق أحياناً عليها اسم ضبعات القياس، وتستعمل هذه المحدّدات للفحص السريع والدقيق لأشكال وأبعاد القطع، ويُبيِّن الشكل (25) نماذج من أدوات القياس ذات القيمة الثابتة.



محدّدات قياس الثقوب
Small Hole Gages



محدّدات الأقواس
Radius Gages

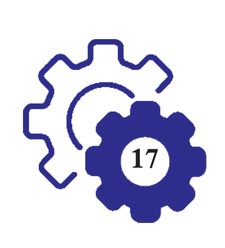


محدّدات قياس لفحص سمك
Thickness Gages



محدّدات قياس خطوة القلاووظ
Thread Profile Gage

شكل (25): نماذج من أدوات القياس ذات القيمة الثابتة



2-1 الموقف التعليمي الثاني: تثبيت الآلات وفكّها

وصف الموقف التعليمي:

حضر أحد أصحاب مصانع تصنيع النايلون إلى ورشة صيانة الآلات الصناعيّة، يريد تجميع خطّ إنتاج نوع جديد من أكياس النايلون، وتشغيله، وتجريبه.

العمل الكامل:

خطوات العمل	الوصف	المنهجية	الموارد
أجمع البيانات، وأحلّلها	• أجمع بيانات من صاحب المصنع عن مبدأ عمل خطّ الإنتاج الجديد. • أجمع بيانات عن: - مكان تركيب خطّ الإنتاج والمساحات المطلوبة. - القطع المستخدمه في خطّ الإنتاج. - طرق تثبيت القطع الميكانيكيّة.	• التعلم التعاوني/العمل بمجموعات. • الحوار والمناقشة/ تحليل الطلب بين فريق المجموعة • البحث العلمي.	• القرطاسية. • الوثائق (كتالوجات). • مواقع الكترونية تعليمية موثوقة وفيديوهات. (الشبكة العنكبوتية).
أخطّط وأقرّر	• أصنف البيانات وتبويبها. • أحدد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة للعمل. • التأكّد من توفّر كلّ أجزاء خطّ الإنتاج وصلاحيتها. • أخذ القياسات الضروريّة وحساب المساحات. • تقدير التكاليف. • تحديد جدول زمنيّ للتسليم.	• الحوار والمناقشة. • العمل ضمن مجموعات. • البحث العلمي.	• قرطاسية. • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام. • نموذج تقدير التكاليف. • نموذج الجدول الزمني. • الشبكة العنكبوتية.
أنفّذ	• استخدام أدوات السلامة المهنيّة وفقاً للمعايير الفنّيّة وأنظمة السلامة ذات الصلة. • استخدام العِدَد والأدوات المناسبة لعمليّة الفكّ والتركيب. • أخذ القياسات الضروريّة وحساب المساحات المتوفّرة. • التأكّد من توفّر كلّ قطع خطّ الإنتاج وصلاحيتها. • تجميع خطّ الإنتاج. • التأكّد من دقّة الخلوصات طبقاً للمواصفات القياسيّة.	• التعلم التعاوني. • الحوار والمناقشة. • العصف الذهني.	• القرطاسية. • نماذج طلب الزبون. • أدوات السلامة المهنية. • صندوق عدة كامل. • جهاز متعدد القياسات (DMM). • الوثائق (كتالوجات).



أتحقّق	• التأكّد من السلامة والاحتياطات الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار أثناء تجميع خطّ الإنتاج. • التأكّد من تجميع كلّ قطع خطّ الإنتاج وصلاحيتها. • تشغيل خطّ الإنتاج والتأكّد منه. • التحقق من جودة العمل.	• العمل في مجموعات.	• أجهزة القياس. • مخططات التوصيل للجهاز. • تعليمات السلامة العامة. • معايير الجودة والمواصفات.
أوثِّق، وأقدم	• جمع بيانات من الزبون عن مبدأ عمل خطّ الإنتاج. • إنشاء قوائم خاصّة بالعِدَد اليدويّة ووسائل القياس المستخدمة. • إعداد جدول تكلفة. • تحديد جدول زمنيّ للتسليم. • تسليم قوائم العمل لمسؤول الصيانة.	• النقاش والحوار بما تم إنجازه. • مجموعات عمل. • عرض تقديمي.	• جهاز حاسوب. • جهاز عرض. • أقلام وقرطاسية.
أقوم	• رضى صاحب المصنع بما يتفق مع طلبة. • المطابقة مع المواصفات والمعايير.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي.	• نماذج التقييم. • طلب الزبون.

الأسئلة:

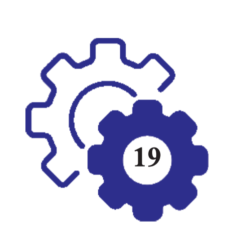
1- أوضح الشكل الصحيح لاستخدام العِدَد اليدويّة؟ وكيف تتأكد أن الماكينة متزنة؟

2- أوضح كيف تقرأ مواصفات القطع الميكانيكيّة؟

3- أوضح الشكل الصحيح لشد البراغي؟



نشاط: حاول إخراج برغي (10mm) انكسر داخل جسم.



طرق التثبيت الميكانيكيّة:

تصنّف طرق الربط والوصل كما يلي:

1- **الوصـل الميكانيكـيّ:** وقد يكون مؤقتاً أو دائماً، ويضم طريقة الوصل بالبراغي، والصواميل، والمسامير، والتباشيم، والخوابير.

2- **الربط:** وعادة ما يكون يشمل اللحام، واستخدام الموادّ اللاصقة.

أولاً- المسامير المسنَّنة/ البراغي:

يقال للولب برغي (Bolts) إذا كان جزء من طوله ملولباً وبقية الجسم أملس، أما المسمار الملولب (Screw) فيكون ملولباً بطوله الكامل حتى الرأس، ويقال للبراغي المسنَّنة من الطرفين (Studs)، الشكل (1).

وتختلف أنواع البراغي حسب نوع السنّ وشكل الرأس واستخدامها، ومنها ما هو بالمقياس المليمتري، ومنها ما هو بالمقياس الإنشي.



شكل (1): أنواع مختلفة من البراغي والوسائط المساعدة

وتُعدّ الوسائط المساعدة في عمليّة الربط مهمة، فالربط إن لم يكن محكماً بحيث يؤدّي الغرض الّذي وضع من أجله، فإنَّ ذلك يؤدّي إلى وقوع الحوادث، وتلف الممتلكات والأرواح، ومن الوسائط المساعدة في الربط:

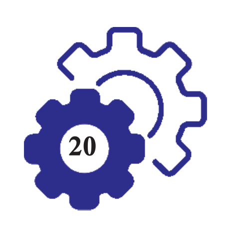
1- **حلقات التثبيت (Washer):** وهي حلقة دائريّة تساعد في تسهيل عمليّة الربط وتعطيها قوة ومتانة.

2- **الصامولة (Nut):** تستخدم هذه الأنواع من الوسائط مع الأجزاء الميكانيكيّة المتحرّكة أو المعرّضة للاهتزاز.

أبعاد البرغي المتري العياري بدلالة قطره الرئيسي:

يمكن تعريف أبعاد البرغي المتري القياسيّ دون رسمه بعدة طرق أهمها:

- بيان قطره الرئيسيّ مرفقاً للرمز M، مثلاً: (M23).
- بيان قطره الرئيسيّ وخطوة السنّ مرفقين للرمز M، مثلاً: (M23 × 3).
- بيان قطره الرئيسيّ، وخطوة السنّ، وطول البرغي، وطول الجزء المسنَّن من البرغي مرفقة جميعها للرمز M، مثلاً: (M23 × 3 × 24 × 42).



ثانياً- الوصل بالتباشيم/ البرشام (Revert Nails):

هي عمليّة وصل الأجزاء المعدنيّة عن طريق مسامير خاصَّة تعمل على ضغط الأجزاء بعضها فوق بعض بشكل متين وثابت، وتمتاز بمتانتها وتحمّلها للاهتزازات؛ ولذلك تستخدم في السفن والطائرات والجسور، كما أنَّها تمتاز بمنعها للتسرّب في أوعية الغازات والسوائل.

ويمكن فك وصلة البرشام، ولكن بإتلاف مسمار البرشام دون تعريض القطع الموصولة للتلف.

1- مسامير البرشام:

وتصنع من الحديد وأحياناً من سبائك النحاس أو الألمنيوم، ويتكوّن مسمار البرشام في شكله النهائيّ من رأس الارتكاز، وساق المسمار، ورأس الأطباق، الَّذي يتشكَّل من النهاية البارزة للمسمار بعد إتمام العمليّة، ويمتاز مسمار البرشام بشكل الرأس، ومنه:

أ- **الرأس المدوَّر (نصف كرويّ):** ويستعمل للصفائح الرقيقة والسميكة عندما يتطلّب قوة عالية.

ب- **الرأس المخروطيّ:** ويستخدم كما الرأس نصف الكرويّ ولكنه أقلّ استخداماً.

ج- **الرأس الغاطس:** ويستخدم عندما يراد إخفاء الرأس لمنع معارضته للأجزاء الأخرى.

وهناك أنواع خاصَّة تمتاز بشكل المسمار، وليس بشكل الرأس فقط، مثل المسمار المجوّف، والمسمار ذو الرأسين، الشكل (2).



شكل (2): أنواع مسامير البرشام

2- عمليّة البرشمة:

تتمّ عمليّة البرشمة إما يدويّاً أو آليّاً، وتتمّ البرشمة اليدويّة بطرق الجزء البارز من المسمار طرقات متتالية بالمطرقة اليدويّة أو الهوائية، بينما تتمّ الطريقة الآليَّة عن طريق كبس رأس المسمار مرة واحدة باستخدام مكبس خاص، شكل (3).



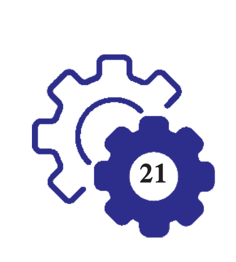
شكل (3): مكبس البرشام

3- فك وصلة البرشام:

من النادر أن تفك الأجزاء الَّتي تمّ لها عمليّة برشمة، إلا أن الضرورة قد تحتّم ذلك، وهناك طريقتان من الممكن اتّباعهما لإنجاز فك وصلة البرشام بسهولة، وهما:

الطريقة الأولى: استخدم أزاميل مسطَّحة، والطرق عليها إذا كانت وصلات البرشام لألواح سميكة.

الطريقة الثانية: في حالة وصلات البرشام للألواح المعدنيّة الرقيقة نثقب مسمار البرشام.



ثالثاً- الوصل باللحام:

هي عمليّة توصيل القطع المعدنيّة وربطها بعضها مع بعض عن طريق صهر منطقة اللحام، وإعادة تشكيل أجزاء المعدن باستخدام الحرارة أو الضغط أو كليهما معاً، ونتيجة الحرارة الشدّيدة الَّتي تصحب عمليّات اللحام، فقد يحدث تشوّه للأجزاء الموصلة، لذلك تجري معظم عمليّات التشغيل الميكانيكيّة بعد عمليّة اللحام.

1- تصنيف عمليّات اللحام:

يمكن تصنيف عمليّات اللحام حسب المصدر الَّذي نحصل منه على الحرارة اللازمة لتسخين المعدن المراد لحامه، الشكل (4):

أ- طرق اللحام بالضغط:

تتمّ عمليّة اللحام بعد تعريض الأجزاء المراد لحامها إلى حرارة لتسخينها لتصبح طرية، ثمَّ الضغط عليها؛ مما ينتج عنه اتصال المناطق الطريَّة معاً، وتصنّف هذه الطرق بناءً على طريقة التسخين، وأهمها:

- **اللحام بالحرارة (لحام الحدادة):** يتم تسخين القطعتين، ومن ثمَّ الطَّرق عليها لإحداث عمليّة اللحام، وهي من أقدم الطرق.
- **لحام المقاومة الكهربائيّة (لحام النقطة):** ويتم اللحام بهذه الطريقة بتسخين المعدن من خلال إمرار تيّار كهربائيّ عالي الشدّة، حيث إنّ مقاومة المعادن لسريان التيّار تؤدي إلى تعجّن المعدن، وبضغط عالٍ على المعدن تتمّ عمليّة اللحام، وهناك أنواع أخرى مثل اللحام بالغاز والضغط، واللحام بالاحتكاك.

ب- طرق اللحام بالانصهار:

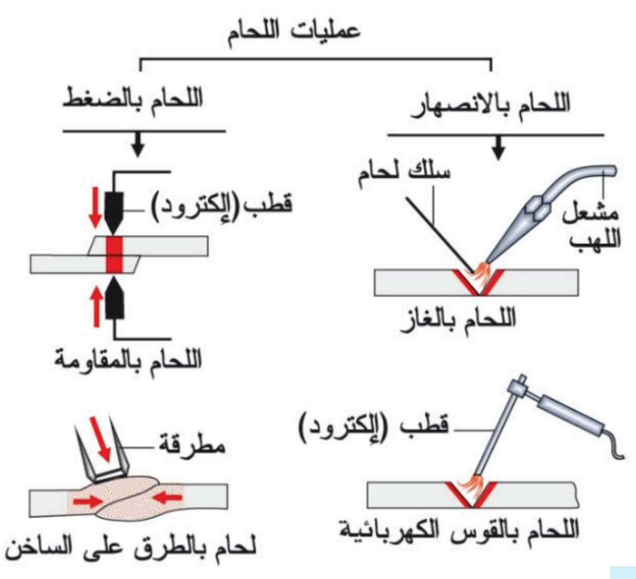
يتم فيها اللحام بصهر حواف القطع المراد لحامها، ويتم اللحام من دون تسليط قوى ضغط خارجيّة، وأهمها:

- **اللحام بالغاز:** يتم الحصول على الحرارة اللازمة في هذا اللحام عن طريق اللهب الناتج عن احتراق غاز الأستيلين بواسطة الأكسجين الَّذي يعمل شعلة بدرجة حرارة تقارب ($3000C°$)، ومثل هذه الدرجة قادرة على صهر المعادن والسبائك في فترة قصيرة؛ مما يؤدّي إلى صهر طرفي القطعتين المراد لحامها وتسخين المنطقة المجاورة. وتحتاج العمليّة إلى مُعَدّات خاصَّة لتجهيز اللهب والحرارة.



- **لحام القوس الكهربائيّ:** تتفوّق طريقة اللحام بالقوس الكهربائيّة على سائر الطرق الأخرى، حتى أنّها تبلغ (90%) من مجموع استخدامات طرق لحام الصَّهر المختلفة، ويتم بهذه الطريقة تحويل الطاقة الكهربائيّة إلى طاقة حراريّة تستخدم في الصهر الموضعي لطرفي الوصلة.

ويتم الحصول على الحرارة اللازمة في هذا اللحام نتيجة لتولّد قوس كهربائيّ ينتج عن عبور التيّار لفراغ في الدائرة الكهربائيّة، وتصل حرارة هذا القوس إلى حوالي (500C°) درجة مئوية، كما أن التحكّم بتوجيه هذا القوس، وتركيزه على بقعة محدّدة؛ يؤدّي إلى إذابة المعدن في منطقة الوصلة، وبتحريك القوس على طول الوصلة يمتزج المعدن المصهور، ثمَّ يتجمَّد ليكون وصلة اللحام.



شكل (4): أهم عمليّات اللحام المستخدمة

2- الأخطار الناتجة عن لحام القطع المعدنيّة:

أ- أخطار الحرائق والانفجارات نتيجة:

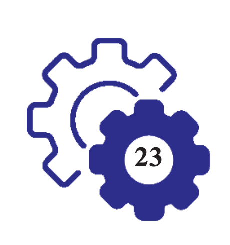
- تسرّبات في الأنابيب المطّاطية.
- ارتداد اللهب إلى نافثات اللهب.
- عدم تخزين أسطوانات الأوكسجين والإستيلين بطريقة سليمة لمنع نشوب الحريق.

ب- الأخطار الصحية:

تنتج من جراء استنشاق الغازات والأدخنة المختلفة؛ مما يؤدّي إلى إصابة العامل بأمراض في الجهاز التنفسيّ والعيون.

ج- الأخطار الكهربائيّة:

ترتبط الأخطار باستعمال القوس الكهربائيّ لا سيما عندما يكون التيّار مرتفعاً، وكذلك تزيد الخطورة عندما يكون إجراء اللحام على معادن غير نظيفة ورطبة وغير مرتبط بالخطّ الأرضيّ.



3-1 الموقف التعليمي الثالث: إجراء عمليّات التشغيل الآليّة للموادّ الميكانيكيّة

وصف الموقف التعليمي:

حضر صاحب مصنع مواد غذائية لمؤسسة صيانة الآلات الصناعيّة يطلب من فني الصيانة تركيب إحدى الماكينات، وأثناء التركيب احتاج الفني لمخرطة لخراطة برغي مسنَّن خاص، فذهب فني الصيانة للمخرطة للطلب منه خراطة البرغي حسب مواصفات ومتطلبات الماكينة.

العمل الكامل:

خطوات العمل	الوصف	المنهجية	الموارد
أجمع البيانات، وأُحلّلها	• أجمع بيانات من صاحب المصنع عن طبيعة الخلل. • أجمع بيانات عن: - عمليّات التشغيل الآليّة للموادّ الميكانيكة. - أنواع المخارط.	• التعلم التعاوني. • الحوار والمناقشة/تحليل الطلب بين فريق المجموعة • البحث العلمي.	• القرطاسية. • الوثائق (كتالوجات). • مواقع الكترونية تعليمية موثوقة وفيديوهات (الشبكة العنكبوتية). • ورشة خراطة.
أُخطِّط، وأُقرِّر	• أصنف البيانات وتبويبها. • أحدد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة للعمل. • فحص سبب الخلل وتحديده.	• الحوار والمناقشة. • العمل ضمن مجموعات.	• أجهزة القياس الميكانيكيّة.
أُنفّذ	• استخدام أدوات السلامة المهنيّة وفقاً للمعايير الفنّيّة وأنظمة السلامة ذات الصلة. • استخدام العِدَد والأدوات المناسبة لعمليّة الفكّ والتركيب. • أخذ قياس قطر البرغي بدقّة. • تسنين البرغي على ماكينة الخراطة. • إعادة تركيب البرغي.	• التعلم التعاوني. • الحوار والمناقشة. • العصف الذهني.	• العِدَد اليدويّة الميكانيكيّة. • أجهزة القياس الميكانيكيّة.



أتحقّق	• التأكّد من السلامة والاحتياطات الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار أثناء تسنين البرغي. • التأكّد من تركيب البرغي. • إعادة تشغيل الماكينة والتأكّد من عملها.	• العمل في مجموعات.	• أجهزة القياس. • الوثائق.
أُوثِّق، وأقدم	• جمع بيانات من الزبون عن طبيعة الخلل. • إنشاء قوائم خاصَّة بالعِدَد اليدويّة ووسائل القياس المستخدمة. • تسليم قوائم العمل لمسؤول الصيانة.	• النقاش والحوار بما تم إنجازه. • مجموعات عمل. • عرض تقديمي.	• جهاز حاسوب. • جهاز عرض. • أقلام وقرطاسية.
أُقوم	• رضى صاحب المصنع بما يتفق مع طلبة. • المطابقة مع المواصفات والمعايير.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي.	• نماذج التقييم. • طلب الزبون.

الأسئلة:

1- أوضِّح طريقة تسنين برغي.

2- أكتب تقريراً عن طرق التسنين وأدواتها.

3- أفسّر: استخدام زيت التبريد مع عمليّة التسنين.

أتعلّم:

نشاط: فكّ قطع ميكانيكيّة تالفة من المشغل، وقم بفرز البراغي، مع أخذ قياس عشرة براغٍ منها وإعادة تجميعها، مع ذكر الأدوات المستخدمة في الفكّ والتجميع.



عمليّات التشغيل (Machining): هي جميع العمليّات التى يتمّ فيها الوصول إلى المنتج عن طريق إزالة الزوائد (رايش) من المادة الخام بعد الوصول للشكل المطلوب، ومن أهم المهارات الأساسيَّة في عمليّات الصيانة والتشغيل الآليَّة للموادّ الميكانيكيّة:

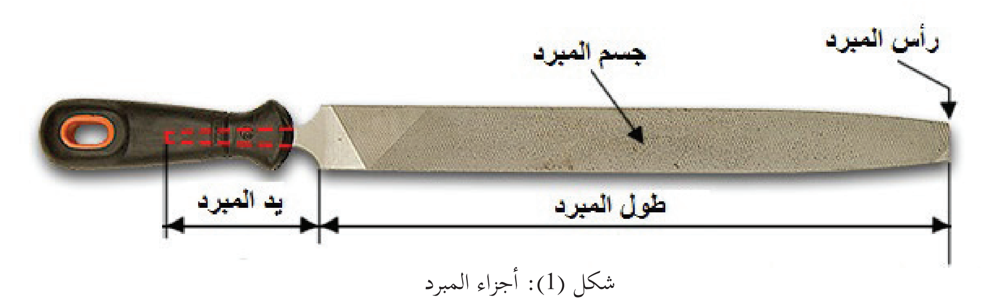
أولاً- البرادة (Metal Files):

تستخدم عمليّة البرادة للحصول على أسطح مستوية أو متوازية أو أسطح منحرفة، وفي إزالة الأطراف الحادَّة للقطع، كما تستخدم لتشغيل الشقوق والمجاري، ويتراوح سمك الشظايا المزالة من (0.25mm - 0.001mm) تبعاً لخشونة الأسنان.

البرادة: هي عمليّة تشغيل بالقطع، تتمّ بإزالة أجزاء من سطح قطعة العمل على شكل شظايا رقيقة (رايش)، وذلك بواسطة أسنان قاطعة على شكل صفوف منتظمة موجودة على سطح أداة تسمّى المبرد

1- أجزاء ومواصفات المبارد وتصنيفها:

يبين الشكل (1) أجزاء المبرد:

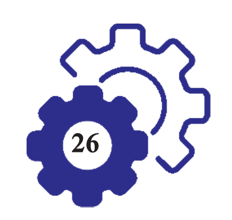


شكل (1): أجزاء المبرد

ويتم تصنيف المبارد المختلفة كما يلي:

أ- زاوية الأسنان: تصنع بطرق متنوعة، بحيث تكون زوايا الحد القاطع، زاوية الجرف، وزاوية السنّ، وزاوية الخلوص، وزاوية القطع، وتختلف قيم هذه الزوايا في المبارد من نوع إلى آخر تبعاً لصلابة وخواصّ الموادّ المراد تشغيلها، ونعومة المبرد أو خشونته.

ب- عدد الأسنان في وحدة الطول: حيث تحدّد درجة أو نعومة أو خشونة المبرد بناءً على عدد الأسنان لكل بوصة، وعلى الطول الكلّيّ للمبرد، أو بناءً على الخطوة وهي المسافة بين السنّ والذي يليه، مقاسه بالملم.



ج- شكل المقطع: والشكل (2) يوضِّح الأشكال المختلفة لمقطع المبرد.



شكل (2): أشكال مقطع المبرد

2- خطوات عمليّة البرادة:

أ- يتمّ تثبيت القطعة على الملزمة وربطها بقوة في الوضع الصحيح.

ب- الوقوف السليم، شكل (3)، حيث يجب أن يكون جسم العامل مستقيماً والزاوية بين مرفق اليد اليمنى وساعدها هي (90°)، كما يجب أن تكون الزاوية بين محور الملزمة والخط الواصل بين الكتفين (45°)، أما بالنسبة للأرجل فيجب أن تتقدم الرجل اليسرى على اليمنى، وتكون المسافة بين الكعبين (200 - 300mm)، وذلك لكي يستند جسم العامل على الرجل اليمنى عند زاوية القطع، وعلى الرجل اليسرى عند الضغط على المبرد.

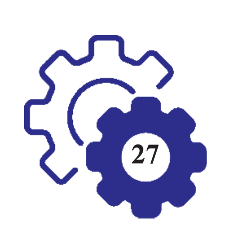

الشكل (3): الوقوف السليم عند عمليّة البرد

ج- يمسك المبرد باليد اليمنى مع الضغط عليه باليد اليسرى، ويتم دفع المبرد إلى الأمام بشكل أفقي بحركة خطيّة (ترددية)، حيث يتمّ دفع المبرد إلى الأمام للقيام بعمليّة القطع، ثمَّ يسحب إلى الخلف من دون ضغط لتبدأ العمليّة من جديد، الشكل (4).


شكل (4): حركة المبرد

ثانياً- قصّ المعدن (Metal Cutting):

قص الألواح المعدنيّة: هو عبارة عن عمليّة قطع أو فصل لوح الصاج إلى جزأين منفصلين، دون أن يتخلف عن هذه العمليّة رايش، كما يحدث في عمليّات التشغيل الأخرى، مثل: الخراطة، والثقب، والقشط، غيرها.



1- تصنيف المقصّات:

أ- المقصّات اليدويّة:

تتنوع المقصّات من حيث الشكل والحجم، وتستعمل في قصّ الألواح والشرائح المعدنيّة الَّتي لا يزيد سمكها عن (1mm)، وتصنع من الصلب، وأهمّ المقصّات اليدويّة، الشكل (5):

- **المقصّات المستقيمة:** تستعمل للقصّ المستقيم وللصفائح الرقيقة والسميكة نسبياً.
- **المقصّات ذات الفكوك المنحنية:** تستعمل للقصّ الدائريّ والمنحنيات.
- **مقصّات الثقوب:** تستعمل لقصّ المناطق الداخليّة.



المقصّات المستقيمة



المقصّات ذات الفكوك المنحنية



مقصّات الثقوب

شكل (5): أنواع المقصّات اليدويّة

ب- آلات القصّ اليدويّ:

الشكل (6) يُبيِّن بعض أنواع الآت القصّ اليدويّة:



مقصّ الطاولة



المقصّ ذو الذراع

شكل (6): أنواع آلات القصّ اليدويّة

ج- المقصّات الآليَّة:

يستعمل المقصّ الآلي (مقصّ جلابتن) لعمل قطع مستقيمة أو مربعة على الألواح المعدنيّة، والمقصّ الآلي يستعمل أوتوماتيكياً، وهو أسرع وأدق ويوفر العمالة، والمقصّ الآلي مصمّم على مقاسات وقدرات متعدّدة، بحيث يمكنه قطع موادّ مختلفة السماكة والعرض والطول، وهناك أنواع عدة من المقصّات الآليَّة، كما في الشكل (7):

- **المقصّات الدائريّة:** وهي الَّتي تستخدم لقصّ الأشكال الدائريّة بشكل دقيق ومتقن.

- **المقصّات الكهروهيدروليكية:** وهي مقصّات آلية تعمل بالضغط الهيدروليكي.





المقصّات الدائريّة — المقصّات الكهروهيدروليكية

شكل (7): أنواع المقصّات الآليّة

نشاط: وضِّح خطوات عمليّة قصّ الصاج بالمقصّ المستقيم.

2- الأخطاء الناتجة من عمليّة القصّ وأسبابها:

أ- ظهور زوائد حادَّة عند موقع القصّ بسبب وجود خلوص كبير بين فكَّي المقصّ.

ب- القوَّة اللازمة للقصّ كبيرة بسبب تلف الحدود القاطعة للمقصّ.

ج- تثلّم حدود المقصّ بسبب الصلادة العالية لمادة العمل.

ثالثاً- التثقيب والقلوظة (Screw Thread):

1- التثقيب:

تستخدم عمليّة التثقيب في عمل ثقوب دائريّة في المعادن المختلفة وبأقطار حسب المطلوب، وذلك بواسطة ريشة ثقب تركَّب في المثقاب بالقطر المطلوب، وقد تكون هذه الثقوب نافذة أو غير نافذة.

أ- أنواع آلات الثقب، شكل (8):

- **المثقاب اليدويّ (Electrical Drilling Machine):** تتميّز هذه المثاقب بسهولة حملها ونقلها، وتشغيلها يدويّاً في مكان العمل المطلوب دون الحاجة إلى نقل القطعة، إلا أن استخدامها يقتصر على تشغيل الثقوب الصغيرة (في حدود 13mm) التي لا يهتم فيها بدقَّة معينة.

- **المثقاب العمودي البسيط/ الطاولة (Bench Drilling Machine):** هو أبسط الأنواع وشائع الاستخدام في جميع الورش والمصانع لسهولة تشغيله ولا يشغل حيزاً، ويقوم بعمل الثقوب حتى (13mm)تقريباً، وهذا الرقم هو أقصى ريشة يمكن تركيبها.



- **المثقـاب العمـودي (Vertical Drilling Machine):** وهـذا النـوع أيضـاً شـائع الاسـتخدام فـي جميـع الـورش والمصانـع، ولكنـه أثقـل مـن السـابق، وتوجـد بـه سـرعات مختلفـة إلـى حوالـي (2000) لفـة، وتختلـف السـرعة حسـب نـوع الريشـة.
- **مثقـاب الـدفّ (Radial Drill):** يسـتخدم فـي الـورش الكبيـرة لعمـل ثقـوب بأقطـار كبيـرة، أو عندمـا تكـون القطعـة كبيـرة الحجـم، ويتميـز هـذا النـوع بإمكانيـة تحريـك رأس حامـل الريشـة لأعلـى ولأسـفل ويمينـاً ويسـاراً، وذلـك حسـب وضـع القطعـة.



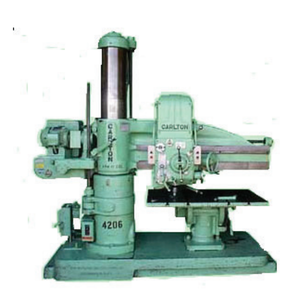
المثقاب اليدويّ



مثقاب طاولة



المثقاب العمودي



مثقاب الدف



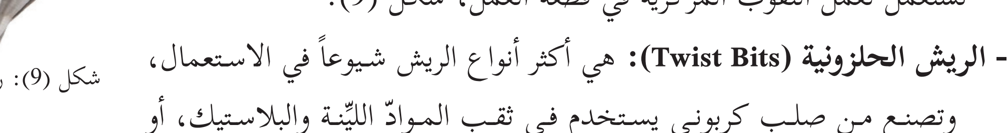
شكل (8): أنواع آلات الثقب

ب- أنواع ريش الثقب:

- **ريشة الثقب المركزي:**

تستعمل لعمل الثقوب المركزية في قطعة العمل، شكل (9).

شكل (9): ريشة الثقب المركزي



- **الريش الحلزونية (Twist Bits):** هي أكثر أنواع الريش شيوعاً في الاستعمال، وتصنـع مـن صلـب كربونـي يسـتخدم فـي ثقـب المـوادّ الليّنـة والبلاسـتيك، أو صلـب عالـي السـرعات (HSS) يسـتخدم فـي ثقـب المـوادّ الصلبـة، ويكـون شـكلها حلزونيـاً، بحيـث يسـهل خـروج الرايـش المـزال مـن قطعـة التشـغيل، وينتهـي بسـاق (جـذع) يلائـم طريقـة تثبيتـه كأن تكـون مخروطيـة للتثبيـت فـي جلـب مخروطيـة (Drill Sleeve)، ويمكـن فكّهـا عـن طريـق خابـور خـاص (اسـفين) يتـمّ دقـه يدويّـاً أو أسـطوانيّة؛ أو لتثبيتهـا فـي ظـرف يحتـوي علـى ثلاثـة فكـوك، الشـكل (10).



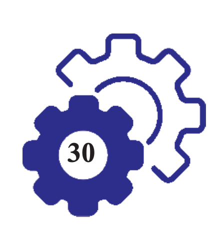
طرفا ثلاثي الفكوك



ريشة ذات ساق تثبيت مخروطي



شكل (10): أنواع الريش الحلزونية



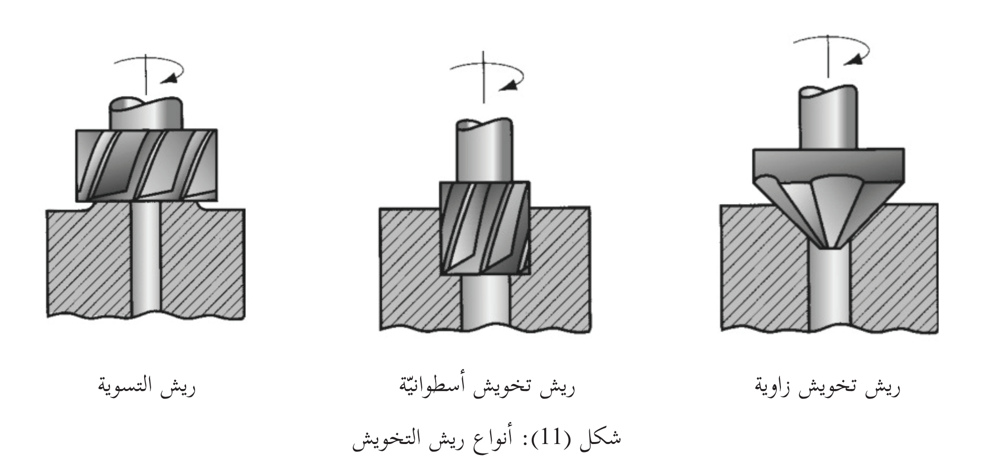
ويوجد على الريشة مجريان حلزونيان يمتدان قبالة بعضهما البعض، وتنشأ بينهما زاوية الحلزون، وهي تحدد مقدار زاوية الجرف على الحد القاطع الرئيسيّ، وتختلف قيمتها حسب نوع المعدن المراد ثقبه.

ملاحظة: قطر الثقب يكون أكبر من قطر الريشة بحوالي (0.2 mm).

- **التخويش (Counter)**، الشكل (11).

يقصد بالتخويش توسيع جزء من الثقب أوعمل شطوف للثقوب وهي عدة أنواع:

1. **ريش تخويش زاوية:** تأتي إما بزاوية (60°) أو (90°)، وتستعمل لتركيب البراغي ذات المخروطية.
2. **ريش تخويش أسطوانيّة:** تأتي بأقطار مختلفة، وتستعمل لتركيب البراغي ذات الأسطوانيّة.
3. **ريش التسوية:** تستعمل إذا كان الجزء المخوش قليل العمق.

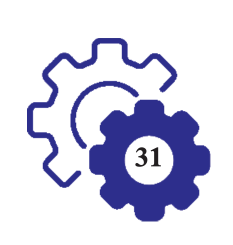


شكل (11): أنواع ريش التخويش

- **البرغلة (Reamer):**

الهدف منها تنعيم سطح الثقب بعد الانتهاء من عمليّة الثقب الأساسيَّة في المنتج، وهي براغل ذات مجارٍ طولية، ويوجد عند نهاية الساق بروز مربع يوضع فيه يد الريشة الخاصَّة، وتجري عمليّة البرغلة عادة بعد التثقيب والتخويش، وذلك من أجل الحصول على سطوح ملساء جداً ودقيقة المقاييس.

وتستعمل لهذه الغاية عادة ريشة برغلة واحدة، أو ريشتان على التوالي (ريشة برغلة خشنة وريشة للإنجاز النهائيّ)، وعند اختيار قطر ريشة التشذيب يجب أن يكون أكبر قليلاً من قطر الثقب تقريباً (0.02mm - 0.04mm)، وللحصول على ثقب أملس يجب اختيار سائل التبريد اختياراً صحيحاً، فعند تشذيب ثقب في الحديد الصلب يستعمل للتبريد سائل مستحلب أو زيت معدنيّ مضاف اليه مادة الكبريت، أما عند تشذيب ثقب الحديد الزهر أو البرونز أو النحاس الأصفر فتجري العمليّة من دون تبريد.



تقسم ريش البرغلة بحسب شكلها إلى ريش مخروطية أو أسطوانيّة، وتقسم بحسب طريقة استخدامها إلى ريش يدويّة وريش آلية، كما تقسم بحسب طريقة تصنيع أسنانها إلى ريش ثابتة وريش قابلة للضبط، شكل (12). من مساوئ ريش التشذيب أنَّها تتآكل بسرعة مما؛ يؤدّي إلى تناقص مقاييس الثقوب.



شكل (12): أنواع ريش البرغلة

2- القلوظة/ اللولبة/ التسنين:

اللولبة هي عمليّة تشكيل سنّ اللولب على الجدران الداخليّة (القلوظة الداخليّة) للثقوب أو على الأسطح الخارجيّة (القلوظة الخارجيّة) كما في لولبة المسامير.

تتمّ عمليّة القلوظة بطريقتين:

أ- الطريقة اليدويّة: تتمّ هذه الطريقة يدويّاً عن طريق عدة قطع يدويّة وهي عبارة عن طقم ذكور قلاووظ للقلوظة الداخليّة، ولقم لولبة للقلوظة الخارجيّة، وتكون بأحجام ومقاسات مختلفة، ويثبت ذكر القلاووظ باستخدام ملواة الذكر (البوجي) (Tap Wrench)، وهي على شكلين، شكل (13).



شكل (13) : ملواة الذكر Tap Wrench

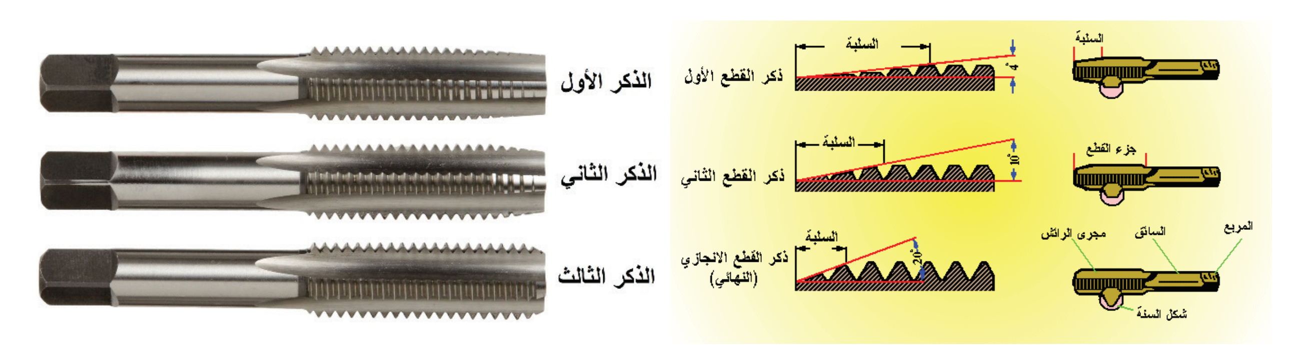
ب- الطريقة الآليَّة: يتمّ التسنين بهذه الطريقة على المخرطة مباشرة.

- القلوظة الداخليّة Internal Thread Cutting (Tapping):

• يستخدم لذلك ذكر القلاووظ (Tap)، ويصنع من صلب كربوني أو صلب عالي السرعات (HSS)، ويجهز بعدة مجارٍ طولية لتجميع الرايش وتوصيل سائل التبريد، شكل (14).



• يتم توصيف ذكر القلاووظ بـ:
   » القطر
   » طول الخطوة
• عند لولبة الثقوب النافذة يكتفي بالذكر المسلوب، أما للثقوب المغلقة فيلزم استخدام طقم ذكور القلاووظ الثلاثة بترتيبهم، وهم:
   1. الذكر الأول (ذكر مسلوب Taper Tap) = حلقة واحدة.
   2. الذكر الثاني (الأوسط Second Tap) = حلقتان.
   3. الذكر الثالث (التشطيبي Plug Tap) = بدون حلقات أو ذو ثلاث حلقات.



الشكل (14): ذكور قلاووظ

طريقة القلوظة الداخليّة باليد، شكل (15):

1. عمل الثقب الأولي للنواة ويجب تحديد قيمة الريشة المستخدمة في عمليّة الثقب بحيث لا تكون كبيرة أو صغيرة لذلك يستخدم القانون التالي:

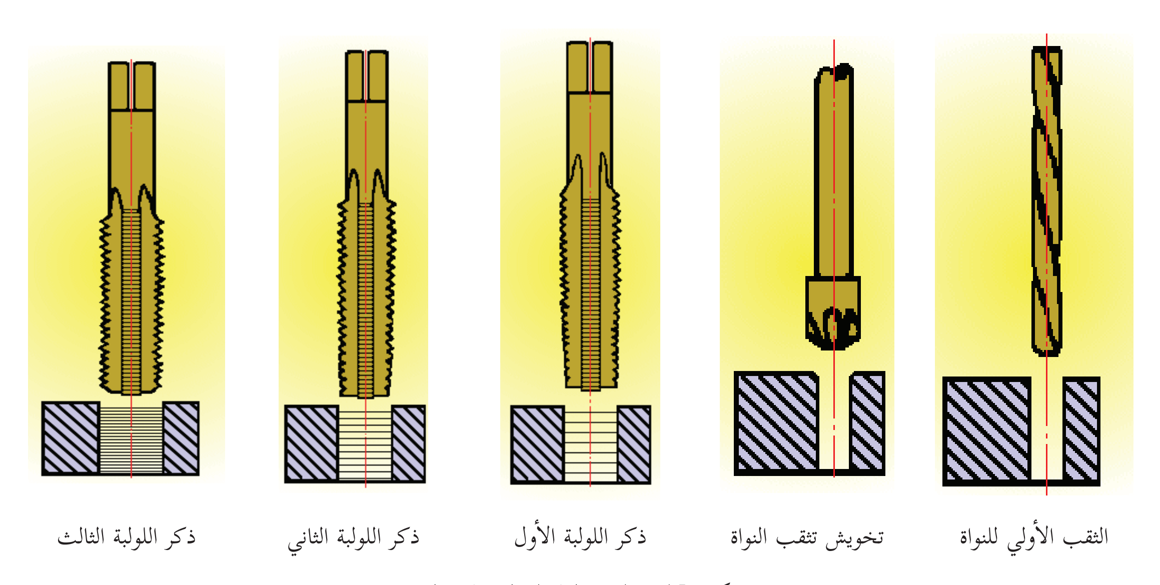
$$d = (M \times 0.8) + 0.2$$

حيث إنّ:

d	قطر الريشة
M	مقاس ذكر القلاووظ
0.8	قيمة ثابتة
0.2	قيمة ثابتة

2. تخويش ثقب النواة على جانبي اللوحة، وكقاعدة أساسية يجب تخويش ثقب النواة قبل قطع اللولب، ويكون القطر الخارجيّ للتخويش أكبر من القطر الاسمي بمقدار (0.1mm - 0.3mm) على الأقل.
3. أحضر طقم ذكور قلاووظ على حسب قيمة السنّ الداخليّ المطلوب، وحدِّد قيمة الخطوة الَّتي بين قمة سنّ إلى قمة سنّ آخر حسب المطلوب.

4. وضع ملواة الذكر المناسب ذي ذراعين على ذكر اللولبة الأول، والتأكّد من تثبيته، ويجب أن يوضع ذكر اللولبة، بحيث يكون في وضع عمودي تماماً على سطح الشغل باستعمال الزاوية القائمة؛ للتأكد من تعامد ذكر اللولب قبل البدء بالقلوظة.
5. أثناء قطع اللولب يختبر دائماً وباستمرار تعامد التعمق للذكر.
6. لا تقطع اللولب على الجاف إطلاقاً، حيث ينتج عن ذلك احتكاك جاف يؤدّي إلى قطع أسنان خشنة وحدوث كسر (حلق السن) فيجب استعمال وسيط تزييت يعطي سطحاً أملس لجاذبية السنّ، ويستعمل زيت قطع لقطع اللوالب في الفولاذ، ويستعمل البترول كوسيط تبريد عند قطع اللولب في الحديد.
7. أدر ذكر اللولبة باتجاه عقارب الساعة عند القطع الفعلي، ويعكسها مرة واحدة كلّ لفة قطع فعلي، وذلك للسماح للرائش المقطوع بالانكسار والخروج.
8. يستمر دوران ذكر اللولبة؛ حتى تظهر الأسنان بالكامل، ثمَّ يدار الذكر للخلف.
9. يركب ذكر اللولبة الثاني في بوجي الإدارة ذي ذراعين ويدار ذكر اللولبة، ويضغط عليه في نفس الوقت بضغط خفيف منتظم في اتجاه الثقب الأولي، مع مراقبة تعامد الذكر مع القطعة باستمرار بواسطة الزاوية القائمة.
10. بعد نهاية الخطوة السابقة يتمّ تركيب ذكر اللولبة الإنجازي، ويدار ذكر اللولبة، ويضغط عليه في نفس الوقت بضغط خفيف منتظم في اتجاه الثقب الثاني.



شكل (15): طريقة القلوظة الداخليّة باليد

- القلوظة الخارجيّة:

- يستخدم لذلك لقم القلاووظ (Treading Die)، وهي عِدَد ذات شكل حلقي من قطعة واحدة، تستخدم لقطع اللولب الخارجيّ (لوالب المسامير) باليد، شكل (16).
- يتم توصيف لقم القلاووظ بـ:
  » القطر
  » خطوة السن
- توضع لقم القلاووظ في كفة القلاووظ (حامل لقم القلاووظ Die Stock)، وتثبت فيها بواسطة براغٍ، ويستعمل في الورش نوعان من لقم القلاووظ هما:
  1. **لقم قلاووظ مقفولة:** تستخدم لتصليح أو تنظيف مسنَّن قديم.
  2. **لقم قلاووظ مفتوحة (مشقوقة):** تستخدم لعمل مسنَّن جديد.


لقم قلاووظ مفتوحة (مشقوقة)


لقم قلاووظ مقفولة


حامل لقم القلاووظ (Die Stock)

الشكل (16): لقم قلاووظ

قواعد العمل للقلوظة الخارجيّة باليد:

1. استعمل دائماً لقم قطع قلاووظ حادَّة، وبذلك فقط يمكن قطع لولب جيد خال من العيوب.
2. توضع اللقم في الكفة (الحامل) عندما تكون الكفة نظيفة وخالية من الأقذار والرايش.
3. عند تثبيت لقم قطع اللوالب المقفولة يجب إخراج البراغي إلى الخارج بالتساوي.
4. قبل البدء بقطع اللولب يجب شطف بداية المسمار، وبذلك تمسك الكفة جيداً.
5. يستعمل زيت قطع بكميات وفيرة لقطع اللولب، لتحسين سطح السنّ ويمنع خطر كسر السن.
6. توضع لقم القلاووظ في وضع متعامد على المسمار وليست مائلة.
7. يمارس عند قطع اللولب ضغط خفيف على لقم القلاووظ، وذلك حتى يبدأ قطع اللولب.
8. نوجِّه لقم القلاووظ بعد ذلك ذاتياً للتعمق لقطع أسنان مائلة، وينتج عن ذلك كسر السن.
9. يمنع الضغط الجانبي على أذرع الحامل وإلا نتجت أسنان مائلة، وينتج عن ذلك كسر السن.
10. لا يقطع اللولب بكامله في اتجاه واحد بل يجب إدارة اللقمة دائماً قليلاً إلى الخلف، وذلك لكسر الرائش، وبذلك لا يكبر الرائش المقطوع في اللقمة، ولا تمسك اللقم، وبغير هذه الطريقة تكسر أسنان القطع.
11. بعد الانتهاء من القطع يبعد الرائش عن الأسنان قبل إدارة اللقم إلى الخلف، وإلا سوف تنكسر الأسنان الَّتي سبق إنجازها.

رابعاً- التجليخ (Grinding):

عمليّة التجليخ هي عمليّة قطع/ تشغيل المعادن بإزالة الرايش من المعدن لزيادة نعومة سطحه، ولتحقيق دقَّة أبعاد عالية وسن (إعادة شحذ) أدوات القطع المختلفة مثل ريش الثقب، ويتم ذلك بواسطة أحجار التجليخ (Grinding Wheel) الَّتي يبرز من محيطها عدد كبير جداً من الأجسام القاطعة (الحبيبات)، فعند دوران حجر التجليخ بسرعات عالية تعمل هذه الأجسام القاطعة على إزالة رايش دقيق جداً من معدن القطعة؛ مما يجعل سطح المعدن ناعماً وبالغ الدقَّة.

1- عمليّات التجليخ تقسم إلى نوعين رئيسيّين، هما:

أ- عمليّات التجليخ اليدويّة:

وهي عمليّات تجليخ تقريبية، ويكون سماح التشغيل كبيراً وواسعاً، كالتجليخ الخشن الَّذي لا يحتاج إلى دقَّة كالتخلص من الزوائد في المصبوبات وغيرها، وتجليخ مواقع اللحام.

ب- عمليّات التجليخ الآليَّة:

وهي عمليّات تجليخ دقيقة، حيث يكون سماح التشغيل قليلاً جداً، كالتجليخ الأسطوانيّ الخارجيّ، والتجليخ الأسطوانيّ الداخليّ، والتجليخ العائم (سنترليس)، وتجليخ عِدَد القطع والسكاكين، وعمليّات الصقل المختلفة، وغيرها من عمليّات التجليخ الآليَّة الدقيقة.

2- أنواع ماكينات التجليخ:

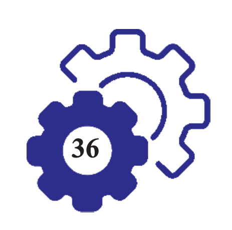
أ- آلات الجلخ الثابتة/العمودي: تستخدم هذه الآلات في سنّ الأدوات والعِدَد اليدويّة، وتجهيز حواف قطع المعادن المختلفة، شكل (17).

ب- آلات الجلخ المتنقلة: وهي الآلات الَّتي يمكن نقلها واستخدامها باليد خارج المشغل، وتستخدم هذه الآلات لشحذ النتؤات الناشئة عن الصب، وتنعيم خطوط اللحام، وتهذيب حواف قطع العمل الحادَّة، شكل (18).



الشكل (18) : آلة جلخ متنقّلة


الشكل (17) : آلات الجلخ الثابتة



3- تصنيف عمليّات الجلخ:

أ- تجليخ سطحيّ (Surface Grinder Machine):

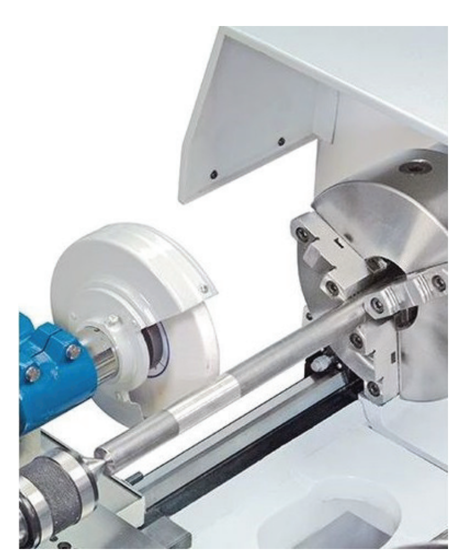


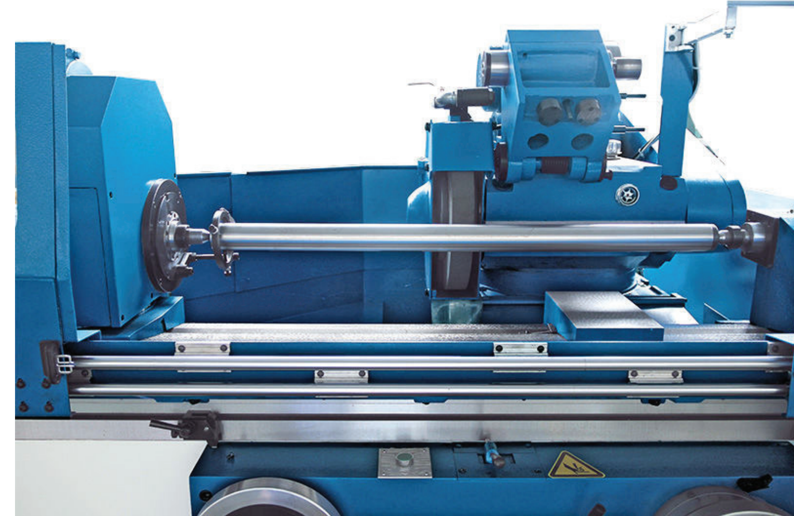
شكل (19): ماكنية التجليخ السطحيّ

تجري عمليّة جلخ السطوح المستوية على آلة الجلخ السطحيّ، وتكون آلة الجلخ إما مستطيلة وتتحرك حركة ترددية طولية، أو مستديرة وتتحرك حركة دورانيّة، ويتم تثبيت القطعة المراد شغلها على الطاولة إما ميكانيكيّاً أو بالربط مغناطيسياً، شكل (19).

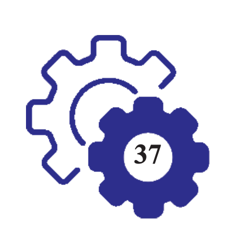
ب- تجليخ أسطوانيّ خارجيّ (External Grinder Machine):

تجري عمليّات الجلخ الأسطوانيّ الخارجيّ على الأعمدة والمحاور الَّتي يتطلّب إنتاجها أن تكون سطوحها ملساء، وبتثبيت القطعة بين مقبضين على آلة الجلخ بطريقة مشابهة لطريقة تثبيت القطع على المخرطة، وتتلامس القطعة على سطحها مع حجر الجلخ، الَّذي يدور محوره في اتجاه مماثل لاتجاه دوران القطعة، إذ إن السرعة الخطِّيَّة النسبية تتزايد بينهما، شكل (20).





شكل (20): طريقة التجليخ الأسطوانيّ الخارجيّ



ج- تجليخ أسطوانيّ داخلي (Internal Grinder Machine):

تُجلخ السطوح الأسطوانيّة الداخليّة بإدارة القطعة القطعة المطلوب جلخها حول محورها إضافة للحركة الدورانيّة لحجر الجلخ، شكل (21).




شكل (21) : الجلخ الأسطوانيّ الداخليّ للمشغولات الدوارة

4- أحجار الجلخ (Grinding Wheels):

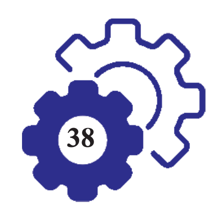
تتركب أحجار الجلخ من مادتين رئيسيّتين هما: المادة القاطعة (الحاكة) (Abrasive)، والمادة الرابطة (Binder).



الشكل (22): أشكال أقراص الجلخ

أ- أشكال أقراص التجليخ، شكل (22):

- **قرص التجليخ المستقيم:** يستخدم في شحذ السطوح الأسطوانيّة والمستوية الخارجيّة، وشحذ أدوات القطع مثل سكاكين الخراطة وريش المثقاب والأزاميل، إضافة إلى عمليّات التجليخ البسيطة لتشكيل قطع العمل.
- **قرص التجليخ الطبقي:** يستخدم لشحذ حدود سكاكين القطع للفرايز.
- **قرص تجليخ مخروطي مجوف:** يستخدم لشحذ زوايا الخلوص في حدود سكاكين التفريز، وعمليّات التلجيخ الجبهي المستوي للقطع قليلة العرض.
- **قرص التجليخ القطاعي:** قرص معدنيّ مثبت عليه لقم التجليخ يستخدم في عمليّات التجليخ الجبهي المستوي للسطوح الكبيرة.
- **أقراص التجليخ الداخليّة:** وهي على أشكال متعدّدة، وتستخدم في عمليّات التجليخ الداخليّ الأسطوانيّ المخروطي والتشكيلي.



ب- اختيار أحجار الجلخ: يتمّ اختيار أحجار الجلخ بناءً على:

- شكل الحجر.
- أبعاد الحجر.
- نوع المادة الحاكة.
- نوع المادة الرابطة.
- سرعة الحجر.

ج- تثبيت أحجار الجلخ:

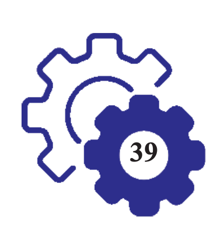
يعد تثبيت أحجار الجلخ أمراً مهماً جداً، فالتثبيت غير الصحيح يؤدّي إلى حوادث خطيرة، وخاصَّة إذا كانت هذه الأحجار تدور بسرعة محيطية عالية؛ وتلافياً لوقوع مثل هذه الحوادث يجب اتِّباع التعليمات الآتية:

- **إجراء الاختبار اللازم لأحجار الجلخ قبل تثبيتها:** يمسك حجر الجلخ من تجويفه ويطرق طرقاً خفيفاً، ويجب أن يكون الصوت الناتج من عمليّة الطرق نقياً ورناناً.
- **التثبيت باستخدام شفاه التثبيت:** يجب تثبيت أقراص الجلخ بوساطة شفاه تثبيت مصنوعة من حديد الزهر الرمادي أو من الفولاذ، ويجب أن يكون للشفتين القطر نفسه؛ حتى لا يحدث انحناء على قرص الجلخ فينكسر، ولا يسمح بارتكاز الشفاه على القرص إلا على مساحة حلقية.

يجب وضع حشوة من مادة مرنة (مثل المطاط أو الكرتون الطري أو اللباد أو الجلد) بين قرص الجلخ وشفاه التثبيت، ومهمة هذه الحشوة هي موازنة حجر الجلخ.

د- اختبار أحجار الجلخ:

- **اختبار الرنين:** حيث يثبت الحجر على شاقة التوازن، ويطرق عليه طرقاً خفيفاً، ونميز الصوت الناتج:
  - » صوت منتظم دلَّ على أن الحجر سليم.
  - » صوت غير منتظم (خشخشة) دلَّ على أن الحجر غير سليم.
- **اختبار الاتزان:** حيث يثبت الحجر على شاقة وبدوران الحجر وملاحظة موضع تثبيت الحجر نلاحظ:
  - » **الحجر المتَّزن لا يثبَّت في نفس الموضع.**
  - » **الحجر غير المتَّزن يثبَّت في نفس الموضع.**



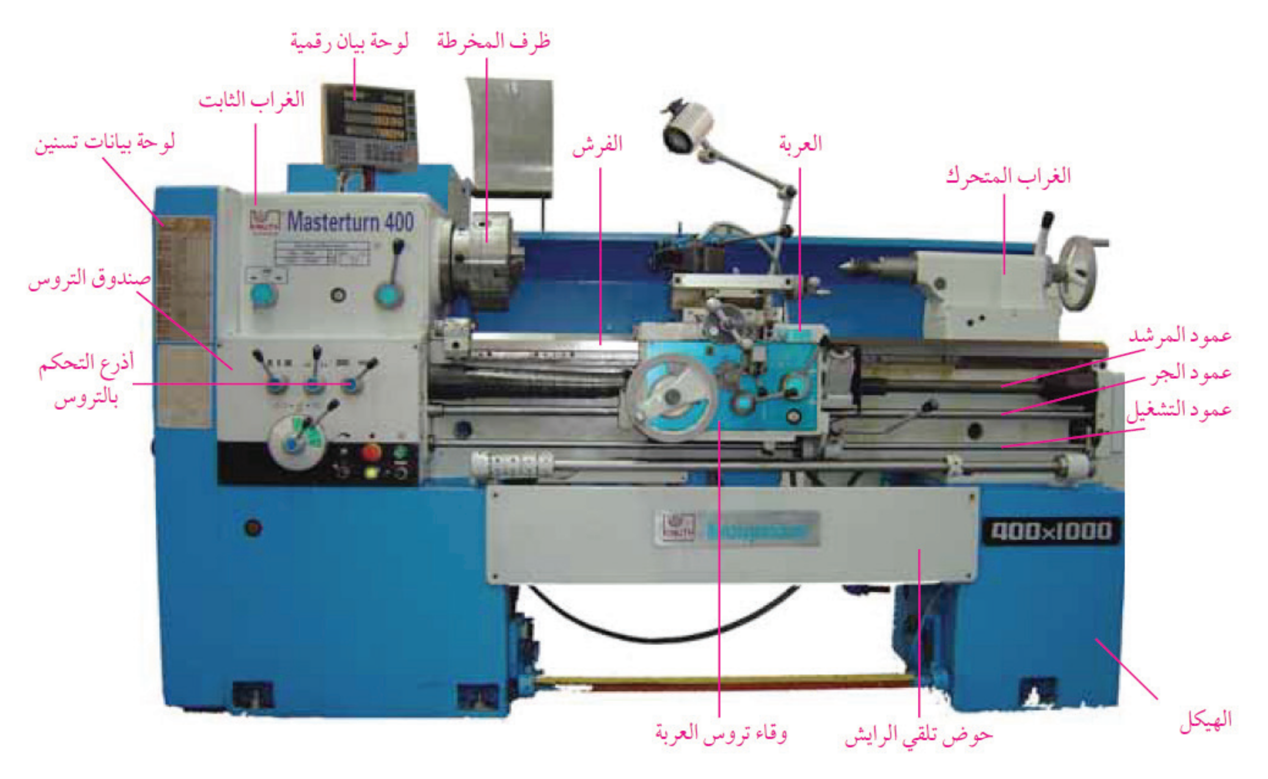
خامساً- المخارط (Turning and Milling):

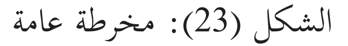
الخراطة هي عمليّة تشكيل تتمّ عن طريق فصل طبقة من المعدن المراد تشكيله بشكل رايش، حيث تتمّ عمليّة التشكيل عن طريق إزالة الرايش عن طريق أقلام القطع المختلفة (مصنوعة من مادة أصلب من الجسم المطلوب تشكيله) وذلك بدوران القطعة حول محور مع تحرك قلم القطع بحركة خطية، غالباً ما تكون موازية أو معامدة لمحور دوران القطعة.

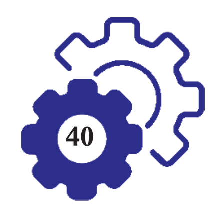
تُعدّ المخرطة من أهم آلات التشغيل؛ لأنها تستخدم في إنتاج الأجزاء الأسطوانيّة، كما تستخدم في إنتاج السطوح الدورانيّة، مثل: المسامير، والأعمدة الأسطوانيّة، والجلب، والأقراص، والأجزاء المخروطية، ويوجد أنواع مختلفة من المخارط، وبشكل عام يمكن تقسيم المخارط إلى:

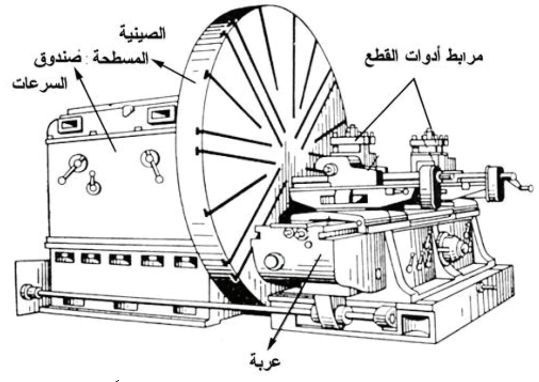
1- المخارط العامة:

وهي أكثر أنواع المخارط شيوعا، ويمكن استخدامها في جميع عمليّات الخراطة؛ مما يكسب هذه الماكينات أهمِّيَّة خاصَّة، وتسمى أيضاً بمخرطة الذنبة أو بالمخرطة المتوازية، وتكون هذه المخارط مزودة بعمود لولب وعمود تغذية، وتستخدم للإنتاج بكميات صغيرة، الشكل (23).




الشكل (23): مخرطة عامة





شكل (24): المخارط الخاصَّة

2- المخارط الخاصَّة:

هي المخارط المستعملة في الإنتاج الكمّيّ، وهي متوفّرة بكثرة في ورش الإنتاج، ويكون تركيبها بسيطاً بخلاف المخرطة العامة، وهي لا تحتوي على غراب متحرِّك في معظمها، الشكل (24).

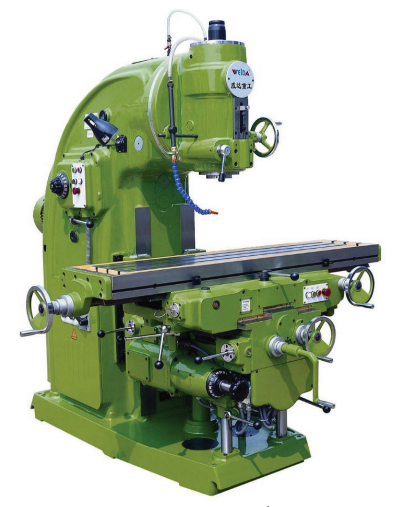
3- المخارط المحوسبة (CNC):



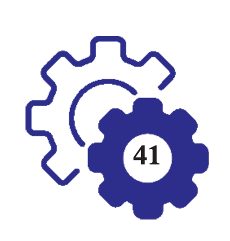
الشكل (25): مخرطة محوسبة (CNC)

وهي المخارط الَّتي يتمّ التحكّم بها عن طريق جهاز الكمبيوتر، وتمتاز هذه المخارط بدقَّة قياسات المشغولات المصنعة بواسطتها، إضافة خفض الزمن اللازم لعمليّة الإنتاج، وخاصَّة في حالة الإنتاج الكمي للمشغولات، ويمكن لهذه المخارط إنتاج المشغولات ذات الأشكال المعقدة الَّتي يصعب إنتاجها على المخارط التقليدية، ويُبيِّن الشكل (25) المخرطة المحوسبة.

4- ماكينات الفريزة:


الشكل (26): مخرطة فريزة

وهي ماكينة لخراطة المعادن، وتستعمل في عمليّات كثيرة كالتدوير والتخريج والثقب، وتستخدم عليها أداة قطع وحيدة الرأس عند التدوير والثقب والتجويف، وتشمل عمليّات التدوير قصّ المعدن الزائد على القطر الخارجيّ للمشغولة وتهذيبها وإعطاءها شكلاً أسطوانيّاً مستقيماً أو متدرّجاً مستدقّ الطرف، أو ثقبها أو تخديدها، أو صنع أكتاف لها، أو لولبتها، أو تخريج السطوح المستوية في طرف الأسطوانة. أما العمليّات الداخليّة في القطعة فتشمل كلّ أنواع التجويف، والتقوير، وفتح الأسنان الداخليّة، والتهذيب بالأقطار المطلوبة وبدقَّة، الشكل (26).



أسئلة الوحدة

السؤال الأول: ضع دائرة حول الإجابة الصحيحة في يلي:

1- ما العِدَّة الَّتي تستخدم لإزالة أجزاء صغيرة من المادة؟

أ) المبرد.

ب) الأزميل.

ج) السنبك.

د) المنشار اليدويّ.

2- ما أداة القياس الخطِّيَّة الَّتي عن طريقها يتمّ القياس المباشر؟

أ) الفرجار.

ب) مسطرة القياس.

ج) الميكرومتر.

د) الكليبر.

3- ما أداة القياس المستخدمة للفحص السريع والدقيق لأشكال وأبعاد القطع؟

أ) الفرجار.

ب) منقلة قياس الزوايا.

ج) أدوات القياس ذات القيمة الثابتة.

د) ميكرومتر قياس الأعماق.

4- ما البرغي المستخدم لتثبيت الأجزاء الكبيرة والماكينات بالأرضيّة؟

أ) مسامير الألواح المعدنيّة.

ب) براغي التثبيت الأرضيّة.

ج) مسامير الضبط والضغط.

د) برغي نافذ.

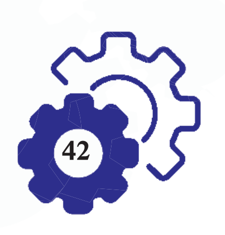
5- ما درجة حرارة صهر أطراف القطع المعدنيّة في حالة استخدام اللحام بالغاز؟

أ) (4000C°)

ب) (3500C°)

ج) (2500C°)

د) (3000C°)



6- ما استخدام المبرد المبطط؟

أ) يستخدم في برد الأسطح الَّتي تصنع زوايا غير قائمة.

ب) يستخدم في برد الثقوب الدائريّة والسطوح المستديرة.

ج) يستخدم في تسوية الأسطح المستوية.

د) يستخدم في برد الفتحات المربعة والمستطيلة.

7- ما نوع المثقاب المستخدم في الورش الكبيرة لعمل ثقوب بأقطار كبيرة أو عندما تكون القطعة كبيرة الحجم؟

أ) مثقاب الدف.

ب) المثقاب العمودي.

ج) المثقاب العمودي البسيط/الطاولة.

د) المثقاب اليدويّ.

8- بكم يكون قطر الثقب أكبر من قطر الريشة؟

أ) 0.2 mm

ب) 0.1 mm

ج) 0.4 mm

د) 0.3 mm

9- ما استخدام قرص التجليخ الطبقي؟

أ) شحذ السطوح الأسطوانيّة والمستوية الخارجيّة، وشحذ أدوات القطع مثل ريش المثقاب.

ب) عمليّات التجليخ الداخليّ الأسطوانيّ المخروطيّ والتشكيليّ.

ج) عمليّات التجليخ الجبهي المستوي للسطوح الكبيرة.

د) شحذ حدود سكاكين القطع للفرايز.

10- ما المخارط المستعملة في الإنتاج الكمّيّ؟

أ) المخارط العامة.

ب) المخارط الخاصَّة.

ج) المخارط المحوسبة (CNC).

د) الماكينات الدوارة (ماكينات الفريزة).

السؤال الثاني: ما المقصّود بكل من يأتي:

1- البرادة.

2- الأزملة.

3- البرشمة.

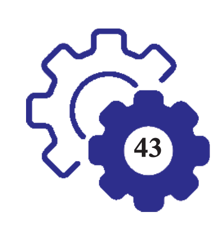
4- اللحام.

5- قصّ الألواح المعدنيّة.

6- التثقيب.

7- عمليّة التجليخ.

8- الخراطة.



السؤال الثالث: أوضِّح أجزاء القدمة.

السؤال الرابع: أوضِّح الفرق بين القدمة ذات الورنيّة (الكليبر) والميكرومتر.

السؤال الخامس: أوضِّح كيفية فك وصلة البرشام؟

السؤال السادس: علِّل:

1- من غير المسموح استخدام أزاميل تالفة.

2- المعدن يتعجن عند استخدام لحام المقاومة الكهربائيّة.

3- يتمّ الحصول على الحرارة المطلوبة في لحام القوس الكهربائيّ.

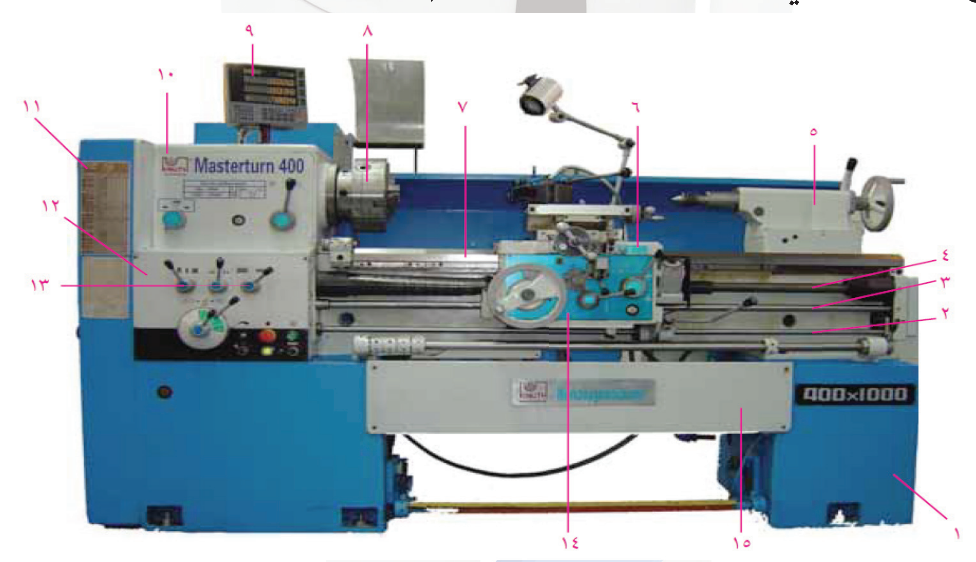
4- ظهور زوائد حادَّة عند موقع القصّ.

5- تُعدّ عمليّات التجليخ من عمليّات التنعيم.

السؤال السابع: أذكر الاختلاف بين أنواع البنط (الريش) ؟

السؤال الثامن: أذكر الفرق بين لقمة القلاووظ وذكر القلاووظ وفيم تستخدم كل منهما؟

السؤال التاسع: الشكل التالي يمثّل مخرطة عامة، حدِّد اسم كلّ جزء مشار إليه.



تمرين 1 عملي: نشر قطعة معدنيّة على شكل حرف U بواسطة المنشار اليدويّ.

تمرين 2 عملي: برشمة قطعتين مع بعضهما بمسمار البرشام وإعادة فك وصلة البرشام.

تمرين 3 عملي: برادة لإنتاج رأس مطرقة يدويّة.

تمرين 4 عملي: القيام بعمليّة القلوظة الداخليّة بالطرق الصحيحة من خلال التطبيق الفعلي على فولاذ مسطح مقاس mm(100×58×200) .

تمرين 5 عملي: القيام بعمليّة القلوظة الخارجيّة بالطرق الصحيحة من خلال التطبيق الفعلي على فولاذ دائريّ مقاس mm(8Ø×100).

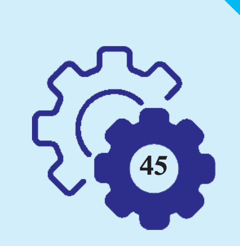
الوحدة النمطيّة الثانية

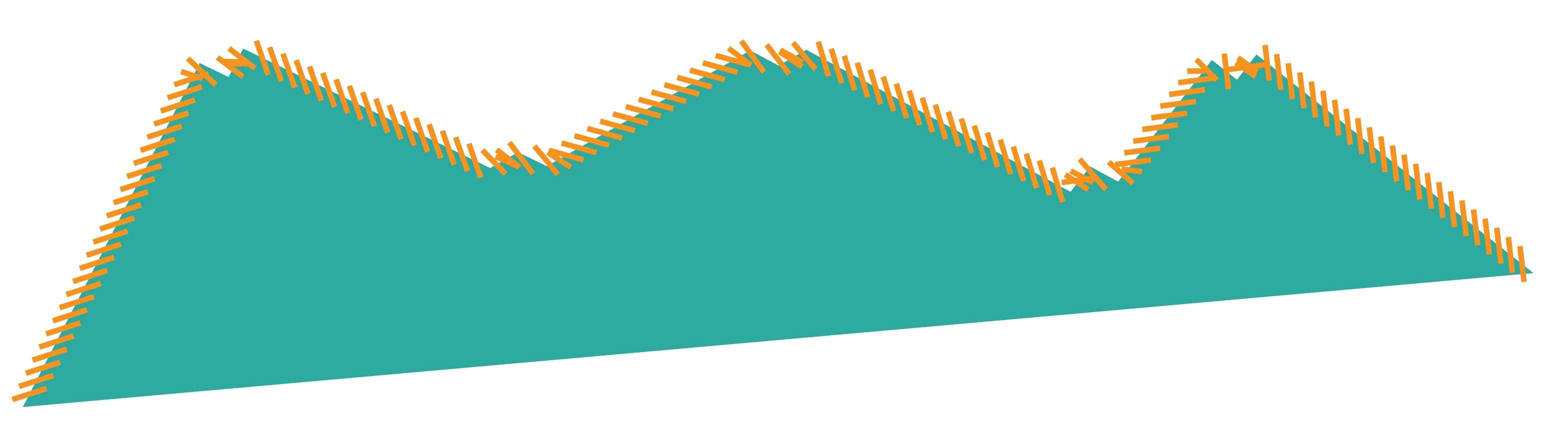
صيانة الهيكل الميكانيكيّ المتحرِّك



أتأمل ثم أناقش:

«إن الالتزام بأعمال الصيانة الوقائية للأجزاء الميكانيكـيّة المتحرِّكة يقلِّل من الجهد والوقت والمال»





يتوقع من الطلبة بعد دراسة وحدة صيانة الهيكل الميكانيكي المتحرك، والتفاعل مع أنشطتها، أن يكونوا قادرين على تركيب وحدات نقل القدرة الميكانيكيّة وفكها، وتزييت الماكينات وتشحيمها، ويقوموا بأعمال الصيانة الميكانيكيّة الأساسيَّة لصيانة الهيكل الميكانيكيّ المتحرِّك، وذلك من خلال الآتي:

1 - فك البكرات والمسنَّنات (التروس) وتركيبها وصيانتها.

2 - فك وصيانة الجنازير والسيور وتركيبها وشدها.

3 - تركيب وفك وصلات الربط بين الأعمدة الدوارة (القارنات Couplings) وعمل الاتزان.

4 - فك البيل والبكسات وتركيبها وصيانتها.

5 - إجراء أعمال التزييت والتشحيم للقطع الميكانيكيّة.

الكفايات المهنيّة

الكفايات المتوقع امتلاكها من الطلبة بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة هي:

أولاً- الكفايات الحرفية، وتتمثل في القدرة على:

1- معرفة أنواع وأحجام البكرات والأحبال المستخدمة معها.

2- معرفة أنواع الجنازير وطريقة فكّها وتركيبها.

3- معرفة أنواع المسنَّنات وطرق تشحيمها.

4- معرفة أنواع السيور وطريقة فكّها وتركيبها.

5- معرفة أنواع وصلات الربط بين الأعمدة وعمل اتزان بين محور المضخّة والمحرِّك.

6- معرفة أنواع البيل وطريقة فكّها وتركيبها وقراءة مواصفاتها وتشحيمها.

7- معرفة أنواع البكسات وطريقة فكّها وتركيبها.

8- قراءة الإرشادات والتعليمات الفنِّيَّة من دليل الشركة المصنِّعة.

9- اتِّباع الأسلوب العلميّ في عمليّة الفكّ والتركيب.

10- اختيار القطع الميكانيكيّة المطلوبة المناسبة حسب مواصفات الشركة المصنِّعة.

ثانياً- الكفايات الاجتماعيّة والشخصيّة:

1- الدقَّة في المواعيد.

2- الحفاظ على خصوصيّة الزبون.

3- تلبية رغبات الزبون.

4- تطوير الذات.

5- القدرة على تحمل النقد.

6- الالتزام بأخلاقيّات المهنة.

ثالثاً- الكفايات المنهجية:

1- التعلم التعاوني.

2- الحوار والمناقشة.

3- البحث العلمي.

4- العصف الذهني.

قواعد الأمن والسلامة المهنيّة:

1- ارتداء ملابس السلامة المهنيّة المناسبة قبل البدء في العمل (خوذة، حذاء معزول، كفوف يدويّة، روب العمل).

2- الحصول على العِدَّة الملائمة.

3- فحص العِدَد اليدويّة قبل استخدامها، والتأكّد من أنَّها سليمة.

4- عدم استعمال عِدّة بديلة مؤقتة كأن تكون مصمَّمة لغرض آخر.

5- تأمين الروافع المتحرِّكة.

6- تنظيف الأرضيّات بعد تفريغ الماء والزيت.

1-2 الموقف التعليمي الأول: فكّ البكرات والمسنّنات (التروس) وتركيبها وصيانتها

وصف الموقف التعليمي:

حضر ميكانيكي سيارات إلى مؤسّسة صيانة الآلات الصناعيّة يشتكي من وجود صوت عالٍ واهتزازات في رافعة السلسلة، فأراد من الفنّي اكتشاف الخلل، وتحديد سببه؛ وبالتالي تغيير القطع التالفة، مع القيام بشراء القطع والتجهيزات المطلوبة بعد تحديد مواصفاتها.

العمل الكامل:

خطوات العمل	الوصف	المنهجية	الموارد
أجمع البيانات، وأُحلّلها	• أجمع بيانات من ميكانيكي السيارات عن طبيعة الخلل. • أجمع بيانات عن: - مبدأ عمل رافعة السلسلة. - أنواع البكرات ومدى شدّ الحبل بين البكرة والمحرِّك. - كيفية فك البكرة وإعادة تركيبها. - القطع التالفة.	• التعلم التعاوني/ العمل بمجموعات. • الحوار والمناقشة/ تحليل الطلب بين فريق المجموعة • البحث العلمي.	• القرطاسية. • الوثائق (كتالوجات). • مواقع الكترونية تعليمية موثوقة وفيديوهات (الشبكة العنكبوتية).
أُخطّط، وأُقرّر	• أصنف البيانات وتبويبها. • أحدد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة للعمل. • إجراء القياسات الضروريّة وحساب قطر الحبل الخاص بالبكرة. • فحص سبب الخلل وتحديده. • تحديد جدول زمنيّ.	• الحوار والمناقشة. • العمل في مجموعات.	• أجهزة القياس الميكانيكيّة. • نموذج الجدول الزمنيّ.
أُنفّذ	• استخدام أدوات السلامة المهنيّة وفقاً للمعايير الفنّيّة وأنظمة السلامة ذات الصلة. • استخدام العِدَد والأدوات المناسبة لعمليّة الفكّ والتركيب. • فك البكرة وتغيير الحبل وإعادة تركيبها. • شدّ الحبل بين البكرة والمحرِّك حسب المواصفات.	• العمل التعاوني.	• صندوق العِدّة. • القطع التالفة اللازمة لعمليّة التركيب والتشغيل والصيانة.

أتحقَّق	• التأكّد من السلامة والاحتياطات الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار أثناء فك البكرة وتركيبها. • تشغيل رافعة السلسلة والتأكّد من عملها حسب المطلوب. • التحقّق من جودة العمل.	• العمل في مجموعات.	• أجهزة القياس. • الوثائق. • تعليمات السلامة العامة. • معايير الجودة والمواصفات.
أُوثِّق، وأقدم	• جمع بيانات من الزبون عن طبيعة الخلل. • إنشاء قوائم خاصَّة بالعِدَد اليدويّة ووسائل القياس المستخدمة. • تحديد جدول زمنيّ. • تسليم قوائم العمل لمسؤول الصيانة.	• النقاش والحوار بما تم إنجازه. • مجموعات عمل. • عرض تقديمي.	• جهاز حاسوب. • جهاز عرض. • أقلام وقرطاسية.
أُقوم	• رضى ميكانيكي السيارات بما يتفق مع طلبة. • المطابقة مع المواصفات والمعايير.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي.	• نماذج التقييم. • طلب الزبون.

الأسئلة:

1- أوضح كيف تعرف مدى الشدّ في حبل البكرة؟

2- أوضح مادة تصنيع البكرة؟

3- أوضح كيف تعرف قطر حبل البكرة ومواصفاته؟



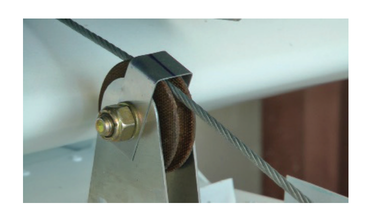
نشاط: اصنع آلة بسيطة لرفع الأثقال إلى الأعلى.



أولاً- البكرات (Pulley):

البكـرة: هي جهـاز ميكانيكـيّ علـى شـكل عجلـة، ويكـون محيطهـا مجوفـاً يلتـف حولـه حبـل، ويعلّـق بإحـدى طرفيـه ثقـل وتجـذب الحبـل مـن الطـرف الآخـر، شـكل (1).





شكل (1): البكرة

1- الهدف من استخدام البكرات:

- تخفيض الجهد المبذول من أجل رفع ثقل ما.
- تغيير اتجاه خيط السحب.

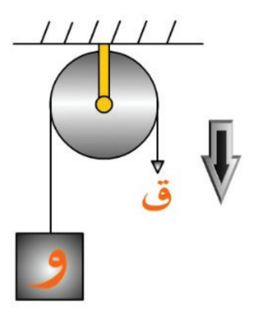
2- استخدامات واستعمالات البكرات:

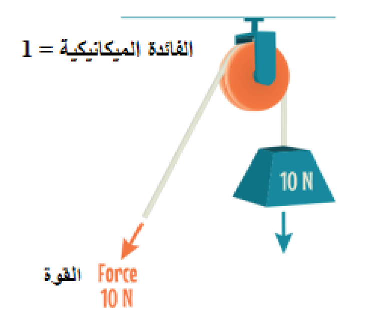
إن أنظمـة البكـرات تسـتخدم فـي كثيـر مـن الآلات، وبالخصـوص مـن أجـل نقـل أو حمـل البضائـع أو المُعَدّات فائقـة الـوزن مثـل:

الرافعة، والتليفيريك، وأدراج السلم الميكانيكيّ، والمصعد الكهربائيّ.

3- أنواع البكرات:

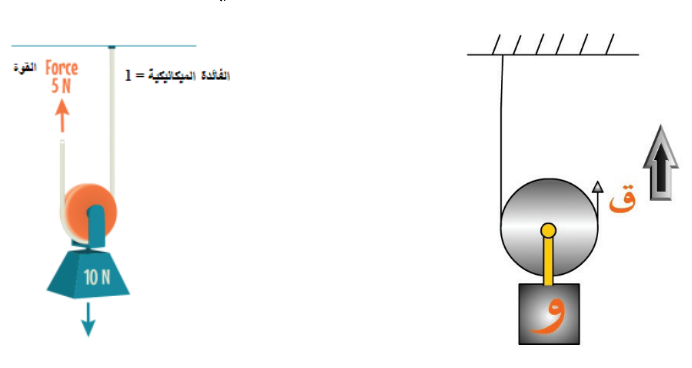
أ- البكـرة الثابتـة (Fixed Pulley): تتكـوَّن مـن بكـرة تـدور حـول محـور ثابـت، وتـدور حـول هـذا المحـور، وتقـوم برفـع حمولـة مقدارهـا (و) عـن طريـق بـذل جهـد مقـداره (ق)، وفـي هـذا النـوع قيمـة الجهـد المبـذول لا تتغيـر، إنمـا تغيِّـر اتجاههـا (أي الفائـدة الميكانيكيّـة = 1، بمعنـى أننـا نحتـاج قـوة لرفـع الثقـل تسـاوي وزن الثقـل)، وتسـتخدم لرفـع ثقـل إلـى الأعلـى بينمـا تقـف فـي الأسـفل، الشـكل (2).





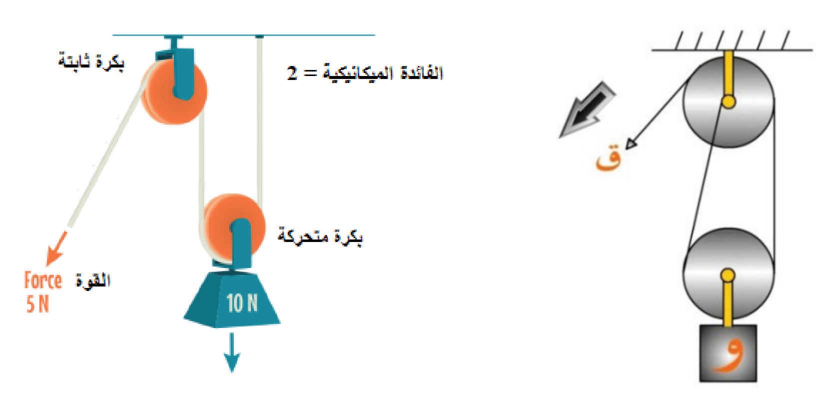
شكل (2): البكرة الثابتة

ب- البكـرة المتحرِّكـة (Moving Pulley): تتكوَّن مـن بكـرة تـدور حـول محـور حرّ الحركة، وتكـون الكتلة معلقة بحبليـن فـي آن واحـد، وبذلـك يكـون الثقـل مقسـوماً علـى الحبليـن، وفـي هـذا النـوع قيمـة الجهـد المبـذول تتضاعـف ولا يغيـر اتجاههـا (أي الفائـدة الميكانيكيّة = 2، بمعنـى أننـا نحتـاج قـوة لرفـع الثقـل تسـاوي نصـف وزن الثقـل)، وتسـتخدم لرفـع ثقـل إلـى الأعلـى، بينمـا تقـف فـي الأعلـى، الشـكل (3).



شكل (3): البكرة المتحرِّكة

ج- البكـرة المركبـة (Compound Pulley): تتكـوَّن مـن بكـرة ثابتـة وبكـرة متحرِّكـة، ونلاحـظ مـن الشـكل (4) أن الجسـم معلَّـق بحبليـن فـي آن واحـد، وبذلـك يكـون الثقـل مقسـوماً علـى الحبليـن كمـا فـي البكـرة المتحرِّكـة، (أي الفائـدة الميكانيكيّة = 2، بمعنـى أننـا نحتـاج قـوة لرفـع الثقـل تسـاوي نصـف وزن الثقـل).

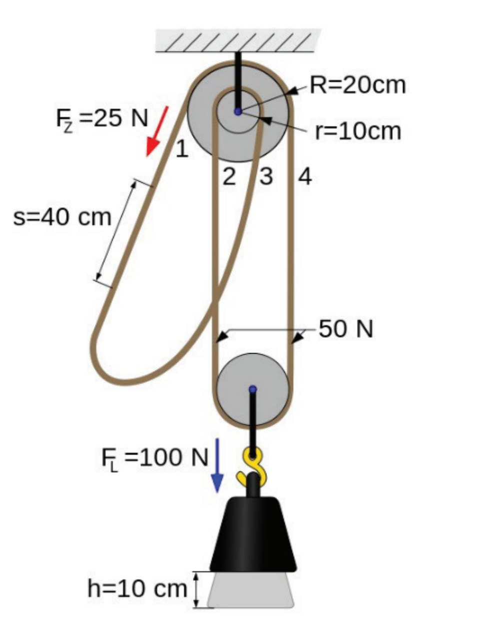


شكل (4): البكرة المركّبة

د- بكـرات وسـتون التفاضليـة (Weston's Differential Pulley): تسـمى أيضـاً «بكـرة وسـتون التفاضليـة»، وأحيانـاً المرفـاع ذا السلسـلة، أو تسـمى بالعاميـة «السلسـلة السـاقطة»، تسـتخدم لرفـع الأشـياء شـديدة الثقـل يدويّـاً مثـل محـرِّكات السـيارات. يتـمّ تشـغيلها عـن طريـق سـحب القسـم المترهـل للسلسـلة المتواصلـة الَّتـي تلتـف حـول البكـرات. يحـدد الحجـم النسـبي للبكرتيـن المتصلتيـن أقصـى وزن يمكـن حملـه عـن طريـق اسـتخدام اليديـن.



تتكوَّن من بكرتين ثابتتين لهما نصف قطرين مختلفين يتصلان بعضهما ببعض، ويدوران بعضهما مع بعض، وتتحمل البكرة الفردية الحمل، ويلتفّ حول البكرات حبلٌ طويل للغاية. ولتجنّب الانزلاق عادةً ما يتمّ استبدال الحبل بسلسلة، واستبدال البكرتين بتروس.





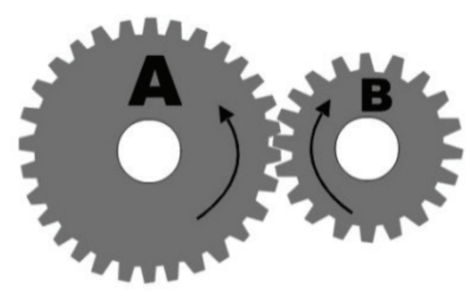
شكل (5): بكرة وستون التفاضلية

ثانياً- المسنَّنات/ التروس (Gear):

التروس: هي عجلات مسنَّنة يحتوي محيطها على عدد من الأسنان ذات شكل خارجيّ، وتتميّز التروس بنقل الحركة الدورانيّة من المحرِّك إلى الحمل المراد تحريكه؛ لزيادة السرعة والعزم وتقليلهما، أو تحويلهما إلى حركة مستقيمة خلال مسافات قصيرة.

1- نقل الحركة في التروس:

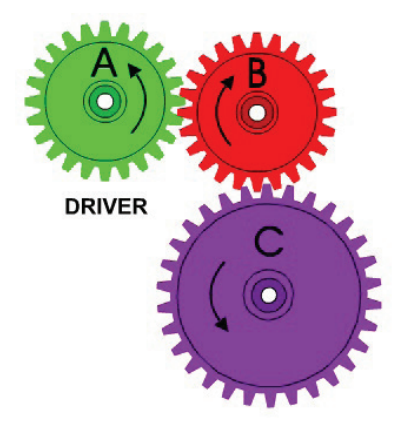
وتسمى التروس كما في شكل (6) أدناه التروس المستقيمة (Spur Gears)، ويسمى الترس ‹A› الترس المدير (Driver)؛ لأنه يأخذ حركته من المحرِّك مباشرة، وينقل هذه الحركة إلى الترس ‹B›، ويسمى الترس ‹B› بالمدار (Driven)، ولاحظ كذلك من الشكل أن الترس ‹B› يدور بعكس اتجاه حركة دوران الترس ‹A›.



شكل (6): يوضِّح نقل الحركة في التروس

أما الشكل (7) فيُعدّ مثالاً جيداً لمجموعة من التروس، والمجموعة عادة تتكوّن من ترسين أو أكثر، حيث يظهر من الشكل اتجاه نقل الحركة في كلّ ترس، فمثلاً على اعتبار أن الترس ‹A› هو المدير، ويدور في اتجاه عكس عقارب الساعة، لذلك فإنَّ الترس ‹B› يدور مع عقارب الساعة، والترس ‹C› يدور عكس عقارب الساعة، وهنا يسمى **الترس المحول**.

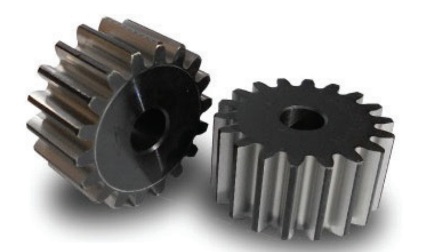
ونحتاج إلى مثل هذه المجموعة من المسنّنات، عندما يلزم أن يدور الحمل في هذه الحالة ترس ‹C› بنفس دوران الترس المركب على المحرِّك الترس المدير وهو الترس ‹A›.



شكل (7): اتجاه دوران مجموعة من التروس

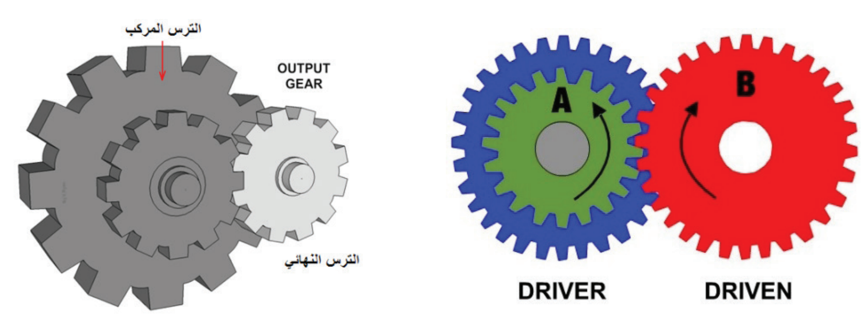
2- أنواع التروس:

أ- التروس ذات الأسنان المستقيمة (العدلة) (Supr Gears): وتُعدّ هذه التروس من أكثر أنواع التروس انتشاراً في نقل الحركة الدائريّة للأعمدة المتوازية، عندما تكون الأعمدة قريبة نسبياً بعضها من بعض، الشكل (8).

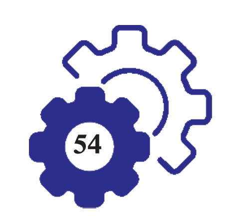

شكل (8) : **التروس ذات الأسنان المستقيمة**

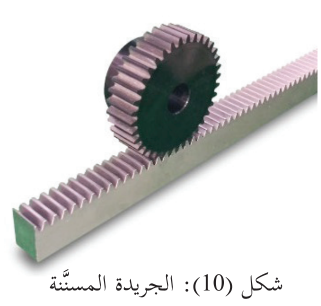
ب- التروس المركبة (Compound Gear): هي عدد من التروس الثابتة معاً، وبالتالي فإن محاورها تدور بنفس السرعة، كما في الشكل (9).

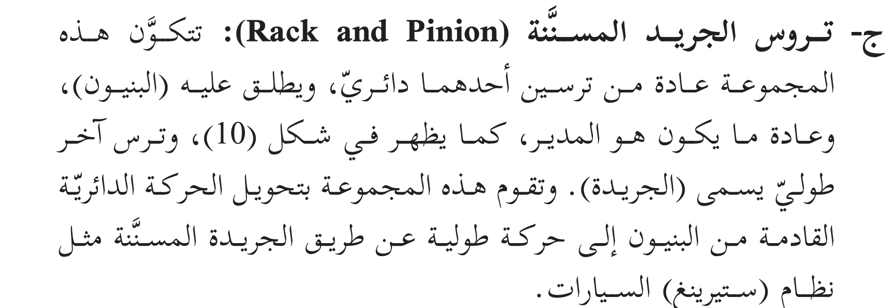
تختلف التروس المركّبة عادة في الحجم، كما أن لها عدداً مختلفاً من الأسنان، وهذا مفيد إذا كان هناك حاجة لتسريع أو إبطاء الناتج النهائيّ (الحمل)، فكما هو مبين في الشكل (9) سوف تكون سرعة الناتج النهائيّ أعلى من سرعة ترس الإدخال.



شكل (9): التروس المركبة




شكل (10): الجريدة المسنَّنة


ج- تـروس الجريـد المسـنَّنة (Rack and Pinion): تتكـوَّن هـذه المجموعـة عـادة مـن ترسـين أحدهمـا دائـريّ، ويطلـق عليـه (البنيـون)، وعـادة مـا يكـون هـو المدير، كمـا يظهـر فـي شـكل (10)، وتـرس آخـر طولـيّ يسـمى (الجريـدة). وتقـوم هـذه المجموعـة بتحويـل الحركـة الدائريّة القادمـة مـن البنيـون إلـى حركـة طوليـة عـن طريـق الجريـدة المسـنَّنة مثـل نظـام (سـتيرينغ) السـيارات.

شكل (11): التروس المخروطية

د- التـروس المخروطيـة (Bevel Gears): تمتـاز هـذه التـروس بالشـكل المخروطي لمقطـع السـنّ، كمـا أنَّهـا تنقـل الحركـة مـن المديـر إلـى المـدار بزاويـة مقدارهـا (°90)، وهـي تـروس ذات أحمـال عاليـة جـداً، وتتميّـز بالتعشـيق السـهل والتشـغيل الهـادىء، الشـكل (11).

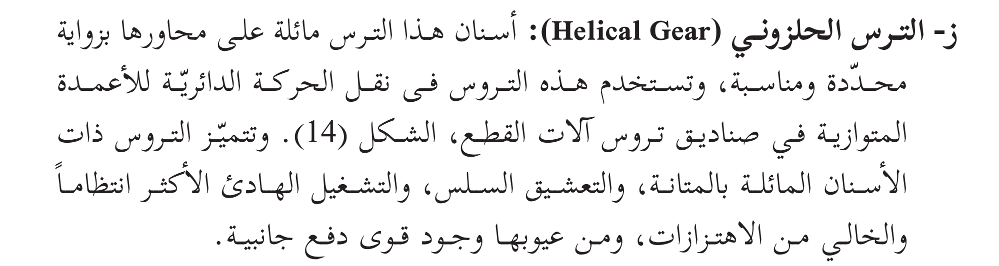

شكل (12): الترس الدودي لمنع سقوط الأحمال في مُعَدّات الرفع

هـ- التـروس الدوديـة (Worm Gears): يسـتخدم لنقـل القـوة (°90) مـن المحـور الأصلـي سـواء مـن وضـع أفقـي إلـى عمـودي أو العكـس، الشـكل (12).


شكل (13): الترس الداخليّ

و- الترس الداخليّ (Internal Gear): وهـو عبـارة عـن تـرس عـدل إلا أنـه مسـنَّن مـن الداخـل، تسـتخدم هـذه التـروس فى نقـل الحركـة بيـن الأعمـدة المتوازيـة، عندمـا تكـون المسـافة بيـن محوريهمـا صغيـرة جـداً، الشـكل (13).


شكل (14): الترس الحلزوني


ز- الترس الحلزونـي (Helical Gear): أسـنان هـذا التـرس مائلة على محاورها بزاوية محـدّدة ومناسـبة، وتسـتخدم هـذه التـروس فـى نقـل الحركـة الدائريّـة للأعمـدة المتوازيـة في صناديق تـروس آلات القطـع، الشـكل (14). وتتميّـز التـروس ذات الأسـنان المائلـة بالمتانـة، والتعشـيق السـلس، والتشـغيل الهـادئ الأكثـر انتظامـاً والخالـي مـن الاهتـزازات، ومـن عيوبهـا وجـود قـوى دفـع جانبيـة.



3- نسبة النقل في التروس (Gera Ratio):

إن التروس تنقل القدرة الَّتي هي عبارة عن قوة وسرعة، وتنقل هذه القدرة حسب نسبة النقل بين المسنَّنات، والتي تعتمد على حجم التروس، وبمعنى آخر حسب النسبة بين عدد أسنان الترس المدير إلى عدد أسنان الترس المدار.

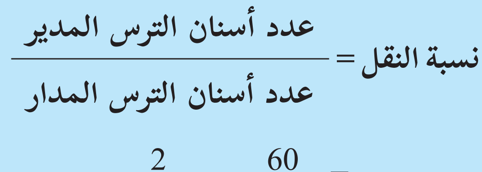
$$\text{نسبة النقل} = \frac{\text{عدد أسنان الترس المدير}}{\text{عدد أسنان الترس المدار}} = \frac{\text{قطر الترس المدير}}{\text{قطر الترس المدار}}$$

سرعة الدوران = عدد دورات الترس في الثانية

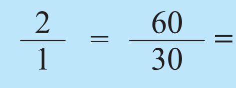
مثال:

احسب:

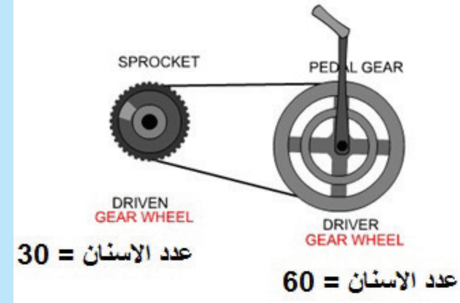
أ- نسبة النقل في المثال شكل (15).



$$\text{نسبة النقل} = \frac{\text{عدد أسنان الترس المدير}}{\text{عدد أسنان الترس المدار}}$$



$$= \frac{60}{30} = \frac{2}{1}$$



شكل (15) : نسبة النقل

إذن نسبة النقل = 1:2 بمعنى أنه إذا دار الترس المدير دورة واحدة فإنَّ الترس المدار يدور دورتين.

ب- سرعة دوران الترس المدار إذا كانت سرعة الترس المدير هي (500 دورة/ الثانية).

حسب نسبة النقل فإنَّ:

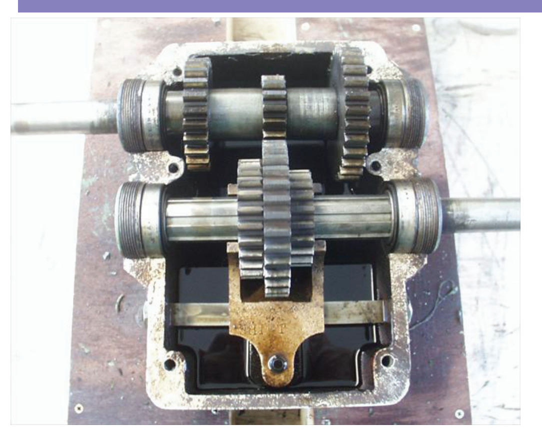
سرعة الترس المدار = 2 × 500 = (1000 دورة/ الثانية).



قاعدة عامة: إذا دوّر ترس كبير الحجم ترساً صغير الحجم، فإنَّ سرعة الترس المُدار تكون أعلى، ويقاوم حملاً قليلاً، وإذا دوّر ترس صغير الحجم ترساً كبير الحجم، فإنَّ سرعة الترس المدار أقلّ وقوته أعلى.

4- طرق تركيب المسنَّنات:

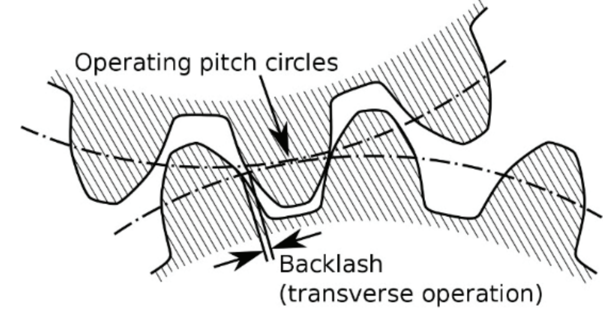
يتم اختبار الترس في أثناء تركيبه وتعشيقه بترس آخر، بحيث يتحقَّق التوازي التام بين المحاور، وأن يكون الترس راكباً عمودياً تماماً على محور الترس.



شكل (16): علبة تروس لمخروط

وهنا يجب أن نتعرض إلى مفهوم جديد للتروس وهو **الخلوص (Backlash):** وهو الفراغ الَّذي يترك بين سنين في حالة التعشيق لترسين مختلفين، كما يظهر من شكل (17)، وفوائد هذا الخلوص هي:

- ترك مسافة بين السنين في حالة التعشيق لدخول مادة التزييت
- إذا لم يكن هناك خلوص كافٍ بين الترسين اللذين في حالة تعشيق، فإن هذا يسبب توقف الترسين عن الدوران، ويسبب حملاً عالياً عليهما.



شكل (17): الفراغ بين التروس (Backlash)

2-2 الموقف التعليمي الثاني: فكّ وصيانة الجنازير والسيور وتركيبها وشدها

وصف الموقف التعليمي:

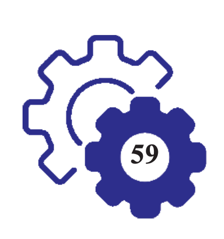
حضر صاحب منزل لمؤسسة صيانة الآلات الصناعيّة يشتكي من قطع جنزير باب الكراج المنزلي باستمرار، ويريد من الفني تحديد العطل وصيانته، وشراء ما يلزم من قطع.

العمل الكامل:

خطوات العمل	الوصف	المنهجية	الموارد
أجمع البيانات، وأُحلِّلها	• أجمع بيانات من صاحب المنزل عن طبيعة الخلل. • أجمع بيانات عن: - مبدأ عمل باب الكراج. - أنواع الجنازير وأجزائه. - كيفية فك الجنزير وتركيبه. - كيفية قياس أبعاد المسنَّنات. - نوع الزيت المستخدم. - القطع التالفة.	• التعلم التعاوني/ العمل بمجموعات. • الحوار والمناقشة/ تحليل الطلب بين فريق المجموعة • البحث العلمي.	• القرطاسية. • الوثائق (كتالوجات). • مواقع الكترونية تعليمية موثوقة وفيديوهات (الشبكة العنكبوتية).
أُخطِّط، وأُقرِّر	• أصنف البيانات وتبويبها. • أحدد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة للعمل. • إجراء القياسات الضروريّة وحساب نسبة الشدّ في الجنزير. • فحص الخلل وتحديده. • تقدير التكاليف. • تحديد جدول زمنيّ للتسليم.	• الحوار والمناقشة. • العمل ضمن مجموعات. • البحث العلمي.	• قرطاسية. • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام. • نموذج تقدير التكاليف. • نموذج الجدول الزمني. • الشبكة العنكبوتية.



أُنفّذ	• استخدام أدوات السلامة المهنيّة وفقاً للمعايير الفنِّيَّة وأنظمة السلامة ذات الصلة. • استخدام العِدَد والأدوات المناسبة لعمليّة الفكّ والتركيب. • فك الجنزير وفحصه وإزالة الجزء التالف. • فك المسنَّن وفحصه. • تزييت الجنزير والمسنَّن وإعادة تركيبهما.	• العمل التعاوني. • الحوار والمناقشة.	• صندوق العِدَّة. • القطع التالفة اللازمة لعمليّة التركيب والتشغيل والصيانة.
أتحقَّق	• التأكّد من السلامة والاحتياطات الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار أثناء فك الجنزير وتركيبها. • تشغيل باب الكراج والتأكّد من عملها حسب المطلوب. • التحقق من جودة العمل.	• العمل في مجموعات.	• أجهزة القياس. • الوثائق.
أُوثِّق، وأقدم	• جمع بيانات من الزبون عن طبيعة الخلل. • إنشاء قوائم خاصَّة بالعِدَد اليدويّة ووسائل القياس المستخدمة. • إعداد جدول تكلفة. • تحديد جدول زمنيّ للتسليم. • تسليم قوائم العمل لمسؤول الصيانة.	• النقاش والحوار بما تم إنجازه. • مجموعات عمل. • عرض تقديمي.	• جهاز حاسوب. • جهاز عرض. • أقلام وقرطاسية.
أُقوم	• رضى صاحب المنزل بما يتفق مع طلبة. • المطابقة مع المواصفات والمعايير.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي.	• نماذج التقييم. • طلب الزبون.



الأسئلة:

1- أوضح كيف تعرف مدى الشدّ في الجنزير؟

2- أوضح مادة تصنيع الجنزير؟

3- أوضح كيف تعرف مواصفات الجنزير؟

نشاط: فكّ، وأعد تركيب جنزير الدراجة الهوائية.



تُعدّ وسائل نقل الحركة بالجنازير والسيور المسنَّنة من ناقلات الحركة المرنة، الَّتي تتشابه مع وسائل نقل الحركة بالسيور، حيث استبدلت الطارات والسيور بعجلات مسنَّنة وجنازير. إذ تستخدم تعاشيق الجنازير عندما لا تصلح الإدارة بالتروس بسبب أوضاع الأعمدة، وأيضاً عندما لا تصلح الإدارة بالسيور بسبب الرطوبة والحرارة وبخار الزيت والانزلاق، كما لا يمكن استخدامها في عمليّات التحكّم.

الاستخدام العملي للجنازير والسيور المسنَّنة:

تستخدم في الدراجات الهوائية والنارية، وجميع المركبات (السيارات ووسائل النقل المختلفة) والجرّارات الزراعية، وإدارة الآليّات المساعدة في مُعَدّات استخراج البترول، وآلات التشغيل والآلات الرافعة للأحمال، كما تستعمل أنواع من الجنازير والسيور المسنَّنة في السلالم الكهربائيّة المتحرِّكة.

أولاً- نقل الحركة بالجنازير:

وهي الطريقة الَّتي يتمّ فيها نقل الحركة بين مسنَّنين متباعدين عن طريق سلسلة.

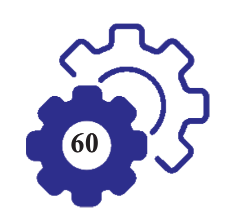
1- أجزاء وسيلة نقل الحركة بالجنازير:

تتكوَّن وسيلة نقل الحركة بالجنازير في أبسط أشكالها من عجلتين مسنَّنتين:

أ- عجلة مسنَّنة قائدة.

ب- عجلة مسنَّنة منقادة.

ج- جنزير.



وتوضِّع الوسيلة الناقلة للحركة للأحمال والسرعات الكبيرة داخل صندوق. كما تزوّد بأجهزة شدّ وأدوات تزييت، الشكل (1).



شكل (1) : أجزاء وسيلة نقل الحركة بالجنازير

يدور المسنَّنان القائد والمقتاد بنفس جهة الدوران، والمسنَّن الَّذي يدور بسرعة دوران أكبر هو الَّذي له أقلّ عدد من الأسنان.

وتصمم وسائل نقل الحركة، بحيث يمكن نقل القدرة من عامود قائد إلى مجموعة أعمدة متوازية متباعدة في آن واحد باستخدام جنزير (سلسلة) واحد، كما يمكن التحكّم بضبط الشدّ؛ وذلك للحصول على شدّ مناسب للجنزير لتلافي التمدد الحتمي له.

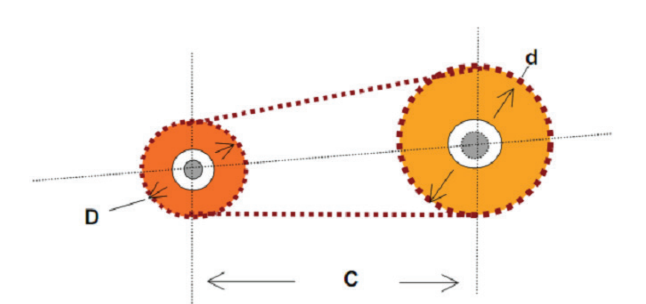
كما يوصى ببذل عناية خاصَّة عند تجميع وسائل الإدارة بالجنازير، والتأكّد من محاذاة العجلات المسنَّنة بعضها ببعض تماماً لتلافي التآكل السريع لأسنان العجلات المسنَّنة والجنزير.

2- الجنازير (Chains):

يُعدّ الجنزير هو العنصر الأساسي لأجهزة نقل الحركة بالجنازير، وهو الَّذي يحدِّد مدى كفاءتها وتحمّلها، وتتكوَّن الجنازير من حلقات متصلة بعضها ببعض مفصلياً، تصمّم هذه الحلقات بأشكال مختلفة لتناسب قدرة وسرعة الأجزاء الناقلة للحركة بالآلات، حيث تكون ذات أبعاد وموادّ ذات خواصّ ميكانيكيّة ومواصفات قياسيّة وبجودة ودقة عالية (تُعدّ خطوة الجنزير وعرضها المواصفتين الأساسيتين).

وتصنع أجزاء الجنازير من الصلب الكربوني متوسط الكربون أو الصلب السبائكي، اللذين سبق لهما التعرض للمعاملات الحراريّة للحصول على صلادة ومقاومة عالية للتآكل والاحتكاك.

أ- قانون حساب طول الجنزير



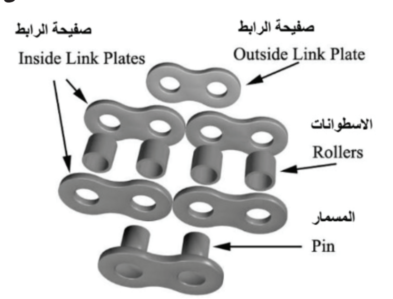
$$L_b = 2C + 1.57\,(D + d) + \frac{(D + d)^2}{4C}$$

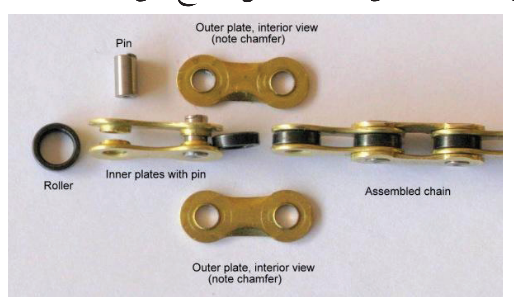
ب- أجزاء الجنزير:

الشكل (2) يوضِّح أجزاء الجنزير:

- شرائح أو حلقات مفصليّة متبادلة داخلية وخارجيّة (Plate) متصلة بعضها ببعض.
- مسمار (Pin) من الصلب لتثبت الشرائح الخارجيّة مع الشرائح الداخليّة بالكبس، والغرض من المسمار هو إعطاء الشرائح حركة مفصليّة متحرِّكة.

- الأسطوانات وذلك لتخفيض نسبة التآكل الناتج عن الاحتكاك بأسنان العجلات المسنَّنة المستخدمة لنقل الحركة.





شكل (2): أجزاء الجنزير

- يوجد بنهاية الجنزير حلقة مفصليّة قابلة للفك (قفل الجنزير) بشكل الحلقات المعتادة، وذلك عندما يكون عدد حلقات الجنزير زوجياً، أو تكون بشكل خاص عندما يكون عدد الحلقات فردياً، ويمكن نزع الحلقة الإضافية عند زيادة طول الجنزير عن الطول المطلوب، الشكل (3).

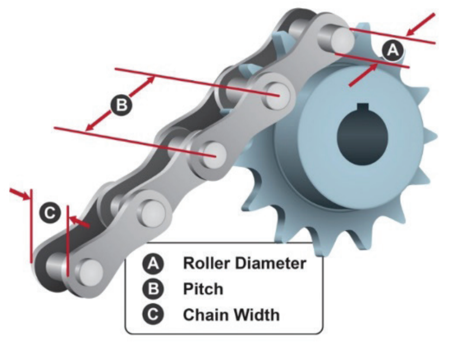


شكل (3): قفل الجنزير

ج- مواصفات الجنزير:

عادة يمكن تحديد حجم سلسلة الأسطوانة بواسطة القياسات الآتية، شكل (4):

1. **قطر الأسطوانة.**
2. **Pitch:** المسافة بين مراكز المسامير (المسافة بين بداية سنّ معيّن إلى بداية السنّ المجاور له مباشرة).
3. **العرض الداخليّ:** المسافة بين الواجهات الجانبية الداخليّة.



شكل (4): مواصفات الجنزير

د- أنواع الجنازير:

توجد أنواع مختلفة من الجنازير يسمّى كلّ منها حسب شكل الحلقات المفصليّة الّتي تتكوّن منها:

- **جنزير الأسطوانات (Cylinders Chain):** يصنع جنزير الأسطوانات بصف واحد، ويسمى الجنزير الاعتيادي، كما يصنع بصف واحد ثقيل، أو بطبقة اعتيادية، أو بثلاثة أو أربعة أو خمسة أو ستة صفوف.
- **جنزير الجلب:** يصنع بصف واحد، ويسمى الجنزير العادي، كما يصنع بصفوف متعدّدة؛ ليصل إلى ستة صفوف. ويتشابه جنزير الجلب مع جنزير الأسطوانات باستبدال الأسطوانات بجلب؛ لذلك فهو أقلّ وزناً، إلا أن عدم وجود الأسطوانات يؤدّي إلى تزايد اهتراء أسنان العجلات الناقلة للحركة، الناتج عن الاحتكاك بين الأسنان والجلب.



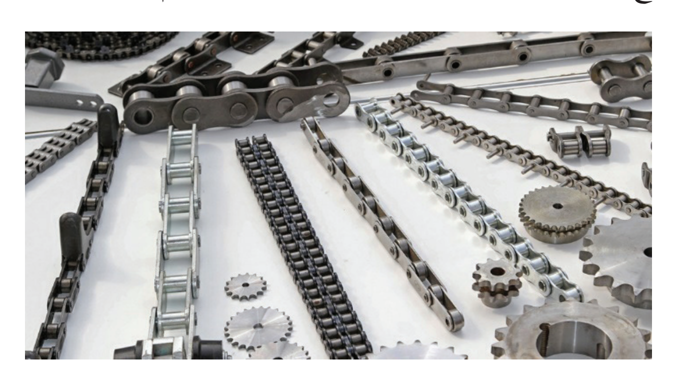
- **جنزير الأسطوانات والجلب:** يجمع بين جنزير الأسطوانات وجنزير الجلب؛ إذ يصنع بصف واحد ويسمى الجنزير الاعتيادي، كما يصنع بصف واحد ثقيل أو متعدد الصفوف ليصل إلى ستة صفوف، ويُعدّ جنزير الأسطوانات والجلب وسط الوزن بين جنزير الأسطوانات وجنزير الجلب.

- **الجنازير المسنَّنة:** تتكوَّن من عدة شرائح أو ألواح مسنَّنة من الصلب، متصلة بعضها ببعض مفصلياً بتتابع منتظم، وتوجد شرائح توجيه خارجيّة وداخلية لمنع الانزلاق الجانبي على العجلة المسنَّنة. وتتميَّز الجنازير المسنَّنة بنقل القدرات الكبيرة بسرعات عالية، مع توفير التشغيل الهادئ (نعومة التشغيل وانعدام الضوضاء).

هـ- فكّ الجنزير وتركيبه:

أولاً- الفكّ:

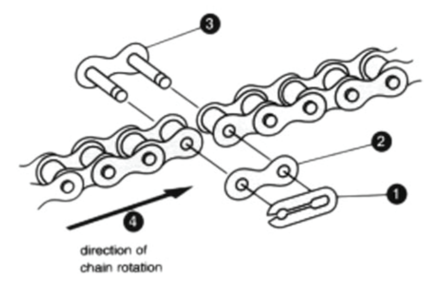
1. إزالة قفل الجنزير (1).
2. فك الشريحة الخارجيّة (2).
3. سحب الوصلة الرئيسيّة (3).




شكل (5): أنواع الجنازير

ثانياً- التركيب:

1. تركيب الوصلة الرئيسيّة في كلا نهاية طرفي الجنزير (3)
2. تركيب الشريحة الخارجيّة (2).
3. تركيب قفل الجنزير للأمان (1).



شكل (6): فك وتركيب الجنزير

ملاحظة:
1. يجب تثبيت جهة النهاية المفتوحة للوصلة الرئيسيّة (1) بحيث يكون بعيداً عن اتجاه دوران السلسلة (4).
2. آلية شدّ السيور: يسمح بتدلي الجنزير (1%) من المسافة بين العجلتين.

و- العجلات المسنَّنة:

تصنع العجلات المسنَّنة الَّتي تتناسب أسنانها مع أسنان الجنازير، المستخدمة لنقل القدرات الصغيرة من حديد الزهر الممطولي أو من الصلب المعالج حراريّاً لنقل القدرات العالية. أما العجلات أو البكرات المسنَّنة المستخدمة لنقل الحركة بالسيور المسنَّنة فإنها تصنع من حديد الزهر الممطولي أو الصلب الكربوني أو البلاستيك المصلّد، وغالباً يكون


شكل (7) : العجلات المسنَّنة

بهذه البكرات حواف لتلافي الانزلاق العرضي (إفلات السير من على البكرات). وتنعكس جودة ودقة تصنيع العجلات المسنَّنة وكذلك الموادّ المصنعة منها ومعاملاتها الحراريّة وخاصَّة الأسنان على مقدرة وسائل نقل الحركة على أداء وظيفتها على أكمل وجه، الشكل (7).

ز- تزييت الجنزير وتشحيمه:

- الاعتماد الأول على الماء لإزالة الطين والأتربة العالقة بها، بواسطة خرطوم المياه، بحيث تكون رشاشات المياه خفيفة بدلاً من أدوات الغسل بالضغط، إذ إنّ الاندفاع الشدّيد للماء قد يُحرّك بعض الأجزاء من أماكنها.
- استخدام الماء الساخن خلال تنظيف الجنزير من أجل تيسير عمليّة التنظيف بواسطة فرشاة ذات شعيرات صلبة، ويمكنك استخدام فرشاة أسنان قديمة. تأكّد من فرك الأجزاء بين جميع الوصلات.
- ضع مزيل الشحوم على الجنزير، وتأكَّد من وصوله للأجزاء بين جميع الوصلات، ويضمن مزيل الشحوم التخلص من أي بقايا زيتية لم ينجح الماء ووسائل الغسيل في إزالتها، ويُساعد الجنزير على التحرّك بسلاسة.
- ضع المزيّت ليظل الجنزير يعمل جيداً، وتأكد من نظافة الجنزير وجفافه عن طريق مسحه بقطعة قماش لإزالة بقايا مزيل الشحوم، ثمَّ استخدام كمِّيَّة صغيرة من المزيّت.

ح- مميِّزات وسائل نقل الحركة بالجنازير:

- قدرتها على نقل القدرات الكبيرة بين الأعمدة المتوازية لمسافات كبيرة وبكفاءة عالية.
- نسبة نقل الحركة أدق لعدم وجود انزلاق.
- الحمل على الأعمدة أقلّ من آليّات نقل الحركة بالسيور.
- إمكانيّة نقل الحركة الدورانيّة إلى عدّة أعمدة متوازية بجنزير واحد في آن واحد.

ط- عيوب وسائل نقل الحركة بالجنازير:

- الضجيج أثناء التشغيل بالمقارنة بآليّات نقل الحركة بالسيور.
- ضرورة مراعاة الدقَّة العالية عند إجراء عمليّات التجميع.
- عدم صلاحية وسيلة نقل الحركة للاستعمال في حالة الحركة العاكسة للدوران دون فترات توقف عند تغيير اتجاه الحركة.
- ضرورة المتابعة بالتزييت والتشحيم أثناء التشغيل.
- تكاليفها عالية نسبياً بالمقارنة بآليّات نقل الحركة بالسيور.



ثانياً- نقل الحركة بالسيور/ السير الناقل (Conveyor):


شكل (8): سير ناقل

تُستخدم طريقة نقل الحركة بالسيور إذا كان هناك بكرتان متباعدتان، أي البكرة القائدة والأخرى المقتادة، وفي هذه الطريقة تدور البكرتان بنفس الاتجاه، والسرعة الأكبر تكون للبكرة ذات القطر الأصغر، أما في حال تقاطع تركيب السير فيكون اتجاه الدوران متعاكساً بين البكرتين، وتستخدم هذه السيور عادة في أنظمة التسخين والتهوية والتبريد، وهي عبارة عن رباط من مصنوع من الجلد والمطاط يلف حول العمودين، الشكل (8).

وتركب السيور بحيث تكون مشدودة بين البكرتين شداً مناسباً؛ لأنه لو كان السير مشدوداً كثيراً لسبّب إجهاداً.

1- أنواع السيور:

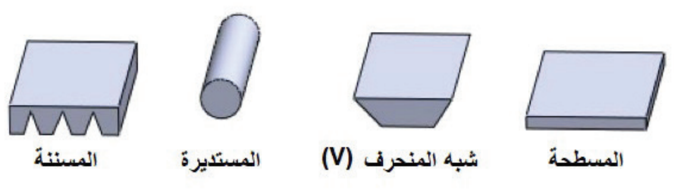
تستخدم البكرات متعدّدة الأشكال السيور المختلفة الَّتي تناسبها، وفقاً للمسافات بين محاور البكرات وقوى الشدّ، وأنواع السيور الشائعة الاستعمال هي، كما في شكل (9):

أ- **السيور المسطَّحة:** تصنع من الجلد أو المطاط أو الأقمشة القطنية، ويتم توصيل طرفي السير باللصق أو الخياطة أو المسامير.

ب- **السيور شبه المنحرفة (حرف V):** تكون بشكل مغلق دون وصلات تنقل الحركة عن طريق قوى الاحتكاك بينها وبين السطحين الجانبيين للبكرة، ويصنع من عدة طبقات من النسيج الحلبي المتين المحاط بالمطاط، بالإضافة إلى غلاف شبه مطاطي.

ج- **السيور المستديرة:** تكون بشكل مغلق بدون وصلات، وهي قليلة الاستخدام.

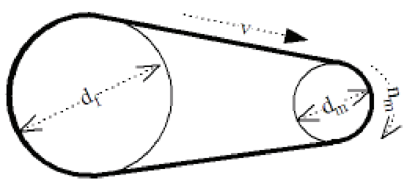
د- **السيور المسنَّنة:** لها نفس مواصفات الجنزير، ومصنوعة من الكاوتشوك، ومدعمة من الداخل بأسلاك من الصلب المرن.



شكل (9): أنواع السيور



2- حساب طول السيور وسرعته:



شكل (10): طول وسرعة السير

ويمكن حساب طول السيور من خلال هذه المعادلة:

$$L_b = ((d_f + d_m) \times 1.5708) + (2\ L_{fm})$$

حيث إنّ:

L_b	طول السير (mm)
d_f	قطر البكرة المُدارة (mm)
d_m	قطرة بكرة المحرِّك (mm)
L_{fm}	المسافة بين البكرة المدارة وبكرة المحرِّك (mm)

ولحساب سرعة السيور نستخدم المعادلة الآتية:

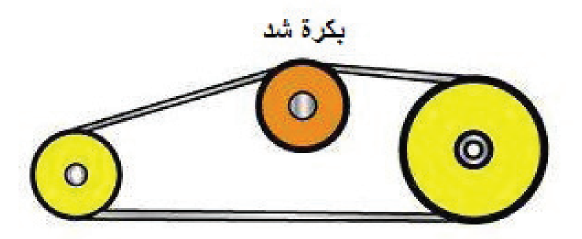
$$V = (3.1428 \times d_m \times n_m) / 60$$

حيث إنّ:

V	سرعة السيور (m/s)
n_m	سرعة المحرِّك (rpm)

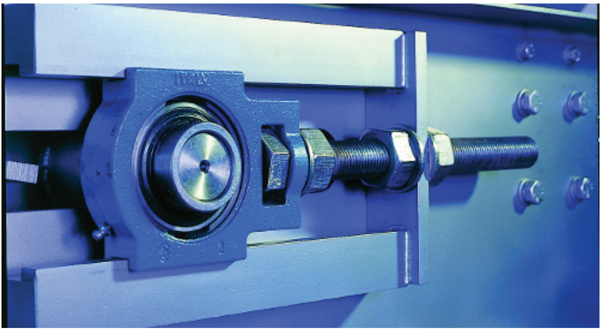
3- ضبط شدة السيور:

تصنع السيور من الجلد أو الكاوتشوك المقوّى؛ لذلك فإنها ترتخي عند استعمالها لفترة طويلة، الأمر الَّذي يؤدّي إلى انخفاض قوة الاحتكاك والشدّ الَّذي ينشأ بين البكرة والسيور وانزلاقه أثناء الدوران، لذلك يجب الاستعانة ببكرة أخرى تسمى بكرة شدّ كما في الشكل (11).



شكل (11): ضبط شدة السيور ببكرة الشدّ

توجد طريقة أخرى لضبط شدّ السيور وذلك عن طريق تثبيت المحرِّك الكهربائيّ على زلاقات وتثبيت الجزء المكَني بربطه بالوضع المناسب، أو عن طريق استعمال مسامير لولبية وصواميل كما في الشكل (12)، حيث يهبط الجزء المكَني عن فك الصامولة السفلية، ويتم ضبط شدّ السيور حتى الوصول إلى الشدّ المناسب للسيور، ثمَّ تربط الصامولة العليا ليثبت الجزء المكَني على الوضع المطلوب.


شكل (12): ضبط شدة السيور عن طريق مسامير لولبية

ملاحظة: يسمح بتدلي السيور (1%) من المسافة بين البكرتين.

4- فك السيور وتركيبها:

أ- فكّ الغطاء الواقي.

ب- إرخاء السيور عن طريق المسامير اللولبيّة.

ج- تحرك السيور خارج البكرة.

5- قواعد وإرشادات أثناء تثبيت السيور:

يجب ملاحظة واتِّباع الإرشادات الآتية:

أ- يجب أن تتوازى وتتواجه الأعمدة والبكرات القائدة والمنقادة كلّ منها للآخر تماماً.

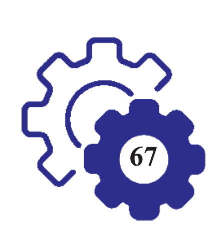
ب- يجب أن يكون التجويف الإسفيني للسيور شبه المنحرف لكل من البكرتين القائدة والمنقادة على استقامة واحدة لتجنّب انحراف السيور أثناء التشغيل.

ج- شدّ السيور بدرجة كبيرة ينتج عنه سرعة استهلاكه بالإضافة لتلف البيل وبعض أجزاء الماكينة.

د- ارتخاء السيور بدرجة كبيرة ينتج عنه انزلاق وانخفاض لعدد دورات البكرة المنقادة، لذلك يجب شدّ السيور شدّاً معتدلاً.

هـ- عدم لمس السيور أو تركيبه أثناء تشغيل الماكينة مهما كانت سرعتها.

و- يجب تغطية مكان السيور بغطاء واقٍ.



3-2 الموقف التعليمي الثالث: تركيب وفك وصلات الربط بين الأعمدة الدوارة (القارنات Couplings) وعمل الاتزان

وصف الموقف التعليمي:

حضر صاحب مزرعة لمؤسسة صيانة الآلات الصناعيّة يشتكي من زيادة كبيرة في سخونة محرِّك مضخّة طاردة مركزية، ويريد من الفني تحديد العطل وصيانته، وشراء ما يلزم من قطع.

العمل الكامل:

خطوات العمل	الوصف	المنهجية	الموارد
أجمع البيانات، وأحلِّلها	• أجمع بيانات من صاحب المزرعة عن طبيعة الخلل. • أجمع بيانات عن: - أنواع وصلات الربط بين الأعمدة. - كيفية عمل اتِّـزان بين محور المضخّة والمحرِّك. - القطع التالفة.	• التعلم التعاوني/ العمل بمجموعات. • الحوار والمناقشة/ تحليل الطلب بين فريق المجموعة • البحث العلمي.	• القرطاسية. • الوثائق (كتالوجات). • مواقع الكترونية تعليمية موثوقة وفيديوهات (الشبكة العنكبوتية).
أُخطِّط، وأُقرِّر	• أصنف البيانات وتبويبها. • أحدد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة للعمل. • قياس قطر عمود المضخّة. • فحص الخلل وتحديده. • تقدير التكاليف. • تحديد جدول زمنيّ للتسليم.	• الحوار والمناقشة. • العمل ضمن مجموعات. • البحث العلمي.	• قرطاسية. • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام. • نموذج تقدير التكاليف. • نموذج الجدول الزمني. • الشبكة العنكبوتية.
أُنفِّذ	• استخدام أدوات السلامة المهنيّة وفقاً للمعايير الفنيَّة وأنظمة السلامة ذات الصلة. • تحضير العِدَد والأدوات المناسبة لعمليّة الفكّ والتركيب. • فك المضخّة وتثبيتها على الملزمة. • تغيير وصلة الربط بين الأعمدة. • إعادة تركيب المضخّة وعمل اتزان بين محور المضخّة والمحرِّك.	• العمل التعاوني. • الحوار والمناقشة. • العصف الذهني.	• صندوق العِدَّة. • القطع التالفة اللازمة لعمليّة التركيب والتشغيل والصيانة.

أتحقَّق	• التأكّد من السلامة والاحتياطات الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار أثناء فك المضخّة وتركيبها. • تشغيل المضخّة والتأكّد من عملها حسب المطلوب. • التحقق من جودة العمل.	• العمل في مجموعات.	• أجهزة القياس. • مخططات التوصيل للجهاز. • تعليمات السلامة العامة. • معايير الجودة والمواصفات.
أُوثِّق، وأقدم	• جمع بيانات من الزبون عن طبيعة الخلل. • إنشاء قوائم خاصَّة بالعِدَد اليدويّة ووسائل القياس المستخدمة. • إعداد جدول تكلفة • تحديد جدول زمنيّ للتسليم. • تسليم قوائم العمل لمسؤول الصيانة.	• النقاش والحوار بما تم إنجازه. • مجموعات عمل. • عرض تقديمي.	• جهاز حاسوب. • جهاز عرض. • أقلام وقرطاسية.
أُقوم	• رضى صاحب المزرعة بما يتفق مع طلبة. • المطابقة مع المواصفات والمعايير.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي.	• نماذج التقييم. • طلب الزبون.

الأسئلة:

1- أذكر وظيفة وصلات الربط بين الأعمدة؟

2- أذكر أنواع وصلات الربط بين الأعمدة؟

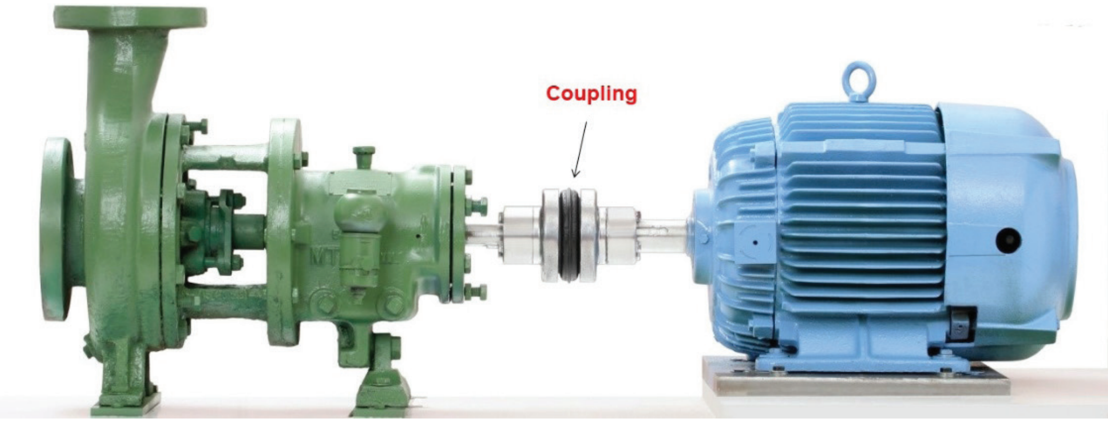
3- أوضِّح كيفيّة عمل اتزان بين محور المضخّة والمحرِّك.

أتعلّم:

تنتقل القدرة من نظام إلى آخر عن طريق أعمدة النقل للقدرة (Shaft)، وإذا كانت المسافة بين نهايتي النظامين أو المحرِّكين كبيرة، فإنه سيصبح من الصعب والمكلف استخدام عمود نقل قدرة واحدة؛ لذلك فإنه من المفضل توصيل عدة قطع أو عدة أعمدة باستخدام وصلات الربط بين الأعمدة (Couplings) لنقل القدرة من مكان إلى آخر، الشكل (1).



وصلات الربط بين الأعمدة: هي قطع ميكانيكيّة تتكوّن من قرصين تستخدم للربط بين عمودي نقل حركة أو قدرة، وذلك لنقل الحركة والعزم من واحد إلى آخر مثل المضخّة ومحرِّكها، أو نقله من عمود إلى تروس أو بكرة سير، مع تعويض نسبة من الانحراف في الاستقامة بين عموديهما في كثير من الحالات.



شكل (1): وصلات الربط بين الأعمدة

1- استخدام وصلات الربط:

تستخدم وصلات الربط في المنشآت الميكانيكيّة للأغراض الآتية:

أ- ربط وحدتين بعضهما مع بعض (كمحرِّك ومولِّد أو محرِّك وتوربين) لإمكان فصل الربط بينهما عند وجود أي أعطال، أو عند إجراء الصيانة اللازمة.

ب- توفير الحماية لعدم تحطيم أو تلف الجزء المنقاد عند زيادة الحمل المفاجىء.

ج- إمكانية نقل الحركة بين عمودين متوازيين أو منحرفين.

2- الصفات الواجب توافرها في وصلات الربط:

أ- سهلة الفكّ والتركيب.

ب- نقل عزم الدوران بالكامل دون فقد.

ج- لا تحتوي على أجزاء بارزة.

د- يجب أن يكون محورا العمودين على امتداد واحد (ضبط المحاذاة).

3- أنواع وصلات الربط بين الأعمدة:

تقوم الوصلات إضافة إلى وظيفتها الرئيسيّة بنقل الحركة بين الأعمدة بمستوى واحد بوظائف أخرى، منها إخماد الاهتزازات والضربات الناتجة من اشتغال الماكينة أو الآلة، وسرعة إيصال الحركة وفصلها، وتوفير الأمان للأجزاء الناقلة للقدرة من التحميل المفاجئ أو المفرط. ويوجد نوعان رئيسيّان من وصلات الربط هي:

أ- الوصلات الثابتة (Rigid or Fast Couplings):

وهي الَّتي تقوم بنقل الحركة والقدرة في نفس الاتجاه وعلى نفس المحور (محورا العمودين على امتداد واحد)، وأهمّ أنواعها:

1. وصلة وجه (Flange Coupling):



شكل (2): وصلة الشفة

- تحتوي على شفتين متماثلتين مصنوعتين من حديد الصلب، وكل شفة تركّب على نهاية عمود.
- مغطّاة لتحمي من الإمسكاك بالملابس.
- هذه الوصلة أكثر دقَّة من غيرها.
- تستخدم لنقل قدرة كبيرة عند سرعة بطيئة، الشكل (2).

2. الوصلة المجوفة (Muff/Sleeve Couplings):



شكل (3): الوصلة غير البارعة

- تصنع من الحديد الصلب.
- تتكوَّن من تجويف أسطوانيّ داخلي، بحيث يكون طرفا عمودي نقل الحركة مربوطين بها وتغطيهما الوصلة، التي يربط بها العمود باستخدام مفاتيح الألن.
- السيئة الرئيسيّة هي صعوبة تركيبها عندما يكون محورا العمودين ليس على امتداد واحد، شكل (3).

3. وصلة الضغط (Compression Coupling/Clamp Coupling):



شكل (4): وصلة الضغط

- تصنع من الحديد الصلب.
- تتكوَّن من تجويف أسطوانيّ داخلي مقسوم إلى جزئين، ويتم توصيلهم ببعض عن طريق براغٍ، بحيث يكون طرفا عمودي نقل الحركة مربوطين بها وتغطيهما الوصلة، التي يربط بها العمود باستخدام مفاتيح الألن، شكل (4).

ب- الوصلات المرنة (Flexible Couplings):

وهي الَّتي تقوم بنقل الحركة والقدرة في نفس الاتجاه والمحور غير متوازٍ (محورا العمودين ليسا على امتداد واحد)، حيث تكون قادرة على التأقلم مع درجة معينة من الانحراف سواء أكان الانحراف انحرافاً في المستوى، أو الزاوية، أو الاثنين معاً. كما يمكنها التعاطي مع التمدد الحراريّ، وأهمّ أنواعها:



1. **وصلة ذات الأصابع المعدنية (Bush Pin Type Flange Coupling):**


شكل (5): وصلة المسمار والجلبة

- تتكوَّن من قطعتين معدنيّتين مثبّتين على نهايتي عمودي الدوران، تخرج من إحداهما مجموعة من الأصابع (Pin) مكسوّة بالمطاط لتدخل في فتحات موجودة في القطعة المقابلة لها.
- تتأقلم مع انحرافات تصل إلى (0.5) درجة، وامتصاص قدر كبير من الاهتزازات.
- تستخدم لنقل القدرة بين المحرّك الكهربائيّ والآلات، الشكل (5).

2. **وصلة أولدهام (Oldham Coupling):**


شكل (6): وصلة اولدهام

- تحتوي على شفتين مع فتحات وقرص عائم مركزي.
- تستخدم في توصيل عمودي نقل حركة لهما محوران متوازيان، ولكن ليسا على نفس خطّ العمل، الشكل (6).

3. **الوصلة المفصليّة (Universal Coupling):**


شكل (7): وصلة الضغط

- من أهم الوصلات المرنة المستخدمة، الشكل (7).
- تتكوَّن من شوكتين متشابهتين على شكل (U) مرتبطتين على طرفي العمودين.
- تستخدم في توصيل عمودي نقل حركة لهما محوران متوازيان، ولكن ليسا على نفس خطّ العمل.
- تستخدم في أجهزة نقل الحركة في السيارات وماكينات التفريز والدلفنة.

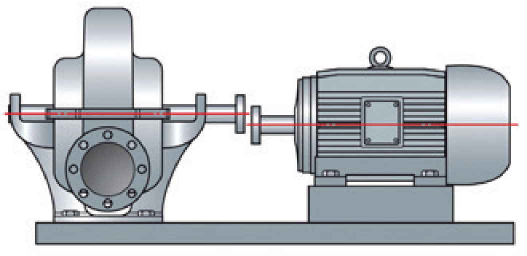
نشاط: ابحث في كتالوجات الشركات عن هذه الأنواع وتطبيق عملي واحد لكل منها.

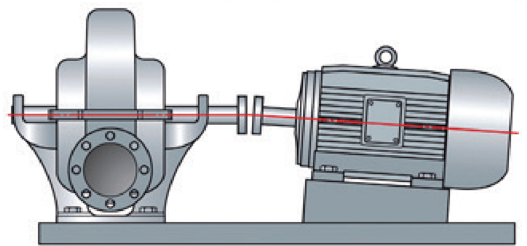
4- فحص الوصلات:

تستخدم الوصلات في نقل الحركة والقدرة بنفس المقدار، ويجب أن تؤدي الوصلات هذا العمل دون إصدار أصوات أو اهتزازات، وهذا هو ما يصدر عنها عند تلفها.

ويمكن اختبار الوصلة المفصليّة بتثبيت أحد طرفيها على الملزمة، ومحاولة تحريك الطرف الثاني باليد يميناً ويساراً في حركة دورانيّة، فلا نجد أي خلوص بالمفصل، وإلا وجب تغيير المفصل.

5- كيفية ضبط الاتزان/ المحاذاة:





شكل (8): أنواع عدم المحاذاة

لا بد من ضبط المحاذاة (Alignment) بين عمودي نقل الحركة بشكل دقيق، والحالات الَّتي تكون فيها الآلة غير مضبوطة محورياً تسمى (عدم محاذاة)، ولها ثلاث أنواع، الشكل (8):

أ- عدم محاذاة متوازٍ.



ب- عدم محاذاة بزاوية.

ج- عدم محاذاة متوازٍ بزاوية.

وهناك ثلاث طرق أساسية لضبط المحاذاة وهي، الشكل (9):

أ- الطريقة الأولى: باستخدام المسطرة

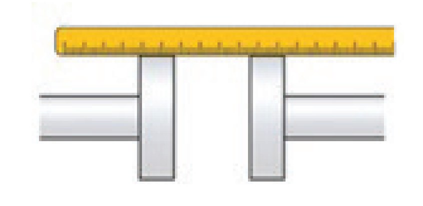
هذه الطريقة بسيطة جداً، وتعتمد على استخدام مسطرة معدنيّة، وهذه الطريقة تصلح فقط عندما يكون نصفا الوصلة متساويين في القطر الخارجيّ وذا سطح مستوي، ويتم وضع كلّ من المضخّة والمحرِّك في أماكنهم على قاعدة التثبيت.

ب- الطريقة الثانية: باستخدام أجهزة القياس

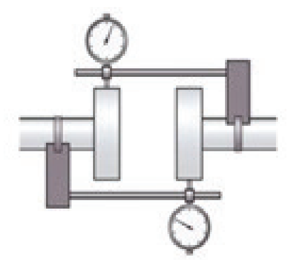
وهذه الطريقة تصلح لجميع أنواع الوصلات، حيث يتمّ تركيب جهاز القياس على عمود المحرِّك، وقياس ارتفاع وصلة المضخّة أو بالعكس.

ج- الطريقة الثالثة: باستخدام أجهزة الليزر

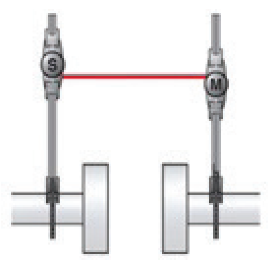
هذه الطريقة هي أدق الطرق الثلاث، وأقلهم في الوقت، وأسهلهم في التنفيذ، وتصلح لجميع المضخات، وتعتمد فكرتها على إرسال شعاع ليزر من مرسل مثبت على عمود المحرِّك مثلاً، يتمّ استقباله على مستقبل مثبت على عمود المضخّة، وعن طريق تحرك شعاع الليزر على إحداثيات المستقبل أثناء الدوران يقوم جهاز التحليل بقياس المحاذاة، ويعطي قيم تحرك المحرِّك أفقياً ورأسياً مباشرة.



باستخدام المسطرة

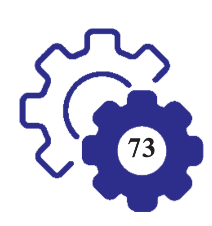


باستخدام أجهزة القياس



باستخدام جهاز الليزر

شكل (9): طرق ضبط المحاذاة



4-2 الموقف التعليمي الرابع: فكّ البيل والبكسات وتركيبها وصيانتها

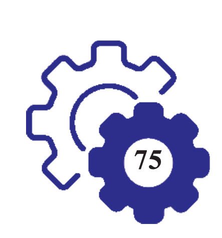
وصف الموقف التعليمي:

حضر صاحب مصنع نايلون إلى مؤسسة صيانة الآلات الصناعيّة يريد من فني الصيانة تغيير وتركيب بيل محور الدوران لمحرِّك كهربائيّ بسبب تلفه، وكذلك تركيب (إنكودر) لخط إنتاج حوّله من النظام العادي إلى النظام الأتوماتيكي، مع الانتباه إلى أن قطر عمود المحرِّك أكبر من قطر عمود الإنكودر، فطلب من الفني شراء ما يلزم من قطع وتركيبه وعمل اللازم.

العمل الكامل:

خطوات العمل	الوصف	المنهجية	الموارد
أجمع البيانات، وأُحلِّلها	• أجمع بيانات من صاحب المصنع عن طبيعة الخلل. • أجمع بيانات عن: - أنواع البيل ومواصفاتها. - أنواع البكسات ومواصفاتها. - أنواع المخارط. - كيفية عمل اتِّزان بين محور الإنكودر ومحور المحرِّك لتركيب البكس. - القطع التالفة.	• التعلم التعاوني/ العمل بمجموعات. • الحوار والمناقشة/ تحليل الطلب بين فريق المجموعة • البحث العلمي.	• القرطاسية. • الوثائق (كتالوجات). • مواقع الكترونية تعليمية موثوقة وفيديوهات (الشبكة العنكبوتية).
أُخطِّط، وأُقرِّر	• أصنف البيانات وتبويبها. • أحدد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة للعمل. • قياس قطر محور الإنكودر والمحرِّك وتحديد أبعاد البكس. • فحص الخلل وتحديده. • تقدير التكاليف. • تحديد جدول زمنيّ للتسليم.	• الحوار والمناقشة. • العمل ضمن مجموعات. • البحث العلمي.	• قرطاسية. • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام. • نموذج تقدير التكاليف. • نموذج الجدول الزمني. • الشبكة العنكبوتية.

أُنفّذ	• استخدام أدوات السلامة المهنيّة وفقاً للمعايير الفنّيّة وأنظمة السلامة ذات الصلة. • استخدام العِدَد والأدوات المناسبة لعمليّة الفكّ والتركيب. • فك البيل ومعرفة نوعها وإعادة تركيبها. • تشحيم البيل. • عمل الخراطة اللازمة (للبكس) حسب الأبعاد الَّتي تمّ تحديدها. • تثبيت المحرِّك في المكان المخصص له. • تركيب البكس وكذلك الإنكودر على محور المحرِّك. • عمل اتِّزان بين محور الإنكودر ومحور المحرِّك.	• العمل التعاوني.	• صندوق العِدَّة. • القطع التالفة اللازمة لعمليّة التركيب والتشغيل والصيانة. • الأجهزة والعدد الخاصَّة بالفحص والتركيب والصيانة. • البريصة. • ماكينة التشحيم.
أتحقَّق	• التأكّد من السلامة والاحتياطات الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار أثناء فك البيل وتركيبها. • التأكّد من تركيب وتجميع أجزاء المحرِّك بالصورة الصحيحة. • إعادة تشغيل المحرِّك بعد وصله بالكهرباء. • التحقق من جودة عمل المحرِّك والإنكودر.	• العمل في مجموعات.	• أجهزة القياس. • مخططا`ت التوصيل للجهاز. • تعليمات السلامة العامة. • معايير الجودة والمواصفات.
أُوثِّق، وأقدم	• جمع بيانات من الزبون عن طبيعة الخلل. • إنشاء قوائم خاصَّة بالعِدَد اليدويّة ووسائل القياس المستخدمة. • إعداد جدول تكلفة. • تحديد جدول زمنيّ للتسليم. • تسليم قوائم العمل لمسؤول الصيانة.	• النقاش والحوار بما تم إنجازه. • مجموعات عمل. • عرض تقديمي.	• جهاز حاسوب. • جهاز عرض. • أقلام وقرطاسية.
أُقوم	• رضى صاحب المصنع بما يتفق مع طلبة. • المطابقة مع المواصفات والمعايير.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي.	• نماذج التقييم. • طلب الزبون.



الأسئلة:

1- أذكر أنواع البيل؟
2- أذكر فوائد تشحيم البيل؟
3- أبين ما معنى الأرقام الَّتي تكتب على البيل؟
4- أبين كيف تقرأ دليل الصيانة؟
5- أوضح أهمِّيَّة البكسات؟
6- أوضح كيفية عمل اتزاناً بين محور الإنكودر ومحور المحرِّك؟



أولاً- كراسي التحميل/ البيل/ المحاميل (Bearings):

البيل: هي عبارة عن قطع ميكانيكيّة تستخدم لدعم قطع أخرى، أو تخفيف الاحتكاك بين القطع المتحرِّكة والثابتة، أو لحمل الأوزان.

1- أنواع البيل:

هناك أنواع متعدّدة من البيل، والتي تختلف باختلاف استخداماتها، وأهما كما في الشكل (1):

أ- البيل الكرويّة (Ball Bearings).

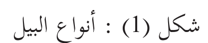
ب- البيل الدولابية (Roller Bearings).

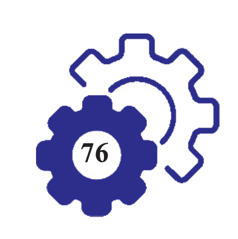
ج- بيل تتبع المسار (Track Runner Bearings).


البيل الكرويّة (Ball Bearings)

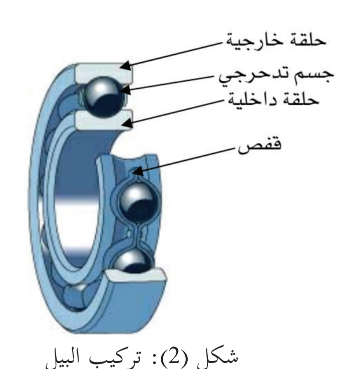

البيل الدولابية (Roller Bearings)


بيل تتبع المسار (Track Runner Bearings)


شكل (1) : أنواع البيل



2- تركيب البيل:



شكل (2): تركيب البيل

تتركب البيل كما هو مبين بالشكل من الأجزاء الآتية، كما في الشكل (2):

أـ الحلقة الخارجية	ب ـ الحلقة الداخلية

ج ـ العناصر التدحرجية	د ـ القفص

3- اختيار البيل:

يتم اختيار البيل حسب مقدار واتجاه قوى التحميل المؤثرة في البيل، وحسب الأقطار الداخليّة للأعمدة المراد تركيب البيل عليها، وحسب العمر المطلوب للبيل. وهناك علاقات بسيطة يمكن اعتمادها في اختيار البيل. يمكن استخدام المعادلة الآتية في حساب الحمل التصميمي المؤثر في البيل:

$$F_d = F_r . K_L . K_s . K_a$$

حيث إنّ:

F_d	الحمل التصميمي المؤثر في البيل.
F_r	مركبة القوى الطولية والارتكازية المؤثرة في البيل.
K_L	عامل العمر.
K_s	عامل الخدمة.
K_a	عامل الحمل المحوري.

وهذه العوامل تتعلق بقيمة القوة المحوريّة وعمر عمل البيلية وظروفها، ويتم اختيارها من جداول خاصّة بالبيل، كما يوجد في جداول البيل الكثير من المعلومات يمكن استخدامها في اختيار البيل.

4- كيفية قراءة الأرقام المكتوبة على البيلية:

لكل بيلية رقم خاص يمكن استنتاج بعض المعلومات عنها، مثلاً القطر الداخليّ للبيلية، ونوع البيلية، وغيرها كما هو الحال مع هذا الجدول:

XX	XX	XX	X	X
الخلوص الداخلي	خواص البيلية Features	القطر الداخلي للبيلية (d)	عرض البيلية Width (B)	نوع البيلية Type



مثال:

قراءة أرقام بيلية:

يبين الشكل التالي معلومات أخذت من بيلية لإحدى الشركات:

SS	62	03	ZZ	C3	XX

(SS)	**توضيح بعض الخواص الرئيسية للبيلية:** (k): البيلية مجمعة تجميع كامل بقفص. (L): حلقة منفصلة اسطوانية وبيلية من النوع الأبري. وغيرها من الحروف من (L-R-WS-GS) ونادراً ما يكتب ولذلك نجد أن معظم أنواع البيل يبدأ بالرقم الذي يوضح نوع البيلية.
(62)	يصف تصميم البيلية من حيث الشكل والنوع (Metric، Single Row، Medium)
(03)	**القطر الداخلي (Bore Size)** حيث آخر رقمين لرقم البيلية يتم حسابه كالتالي: من الرقمين (04) الى ما هو أعلى يتم ضربهم في (5) لتكون القراءة بالملي متر مباشرة، أما الأرقام الأصغر فإن: 10mm = 00 12mm = 01 15mm = 02 17mm = 03
(ZZ)	**يدل على الغطاء ومانع التسرب:** (Z): غطاء من جهة واحدة. (ZZ): غطاءين من كلا الجهتين. (SR): مانع تسريب من جهة واحدة. (SR2): مانع تسريب من الجهتين.
(C3)	**نسبة الخلوص الداخلي للبيلية وتزيد مع زيادة سرعة الآلة:** (C0): لا يوجد زمر اي نسبة قياسية. (C2): محكم. (C3): نسبة خلوص بسيطة. (C4): نسبة خلوص كبيرة.
(XX)	**علامات اضافية تدل على أبعاد خاصة أو نوع الشحم وكيفية تعبئته:** NR Snap Ring PRX Polyrex EM Grease SR12 SRI-2 GREASE

5- طرق تركيب البيل وفكّها:

أ- تركيب البيل:

- **التركيب بواسطة جلبة تركيب أو ماسورة:** ولا يجوز لهذه الجلبة أن ترتكز إلا على الحلقة الداخليّة للبيلية فقط، أو يمكن استخدام قرص مساعد ينقل القوة إلى كلّ من الحلقة الداخليّة والخارجيّة في آن واحد، الشكل (3).

شكل (3): تركيب البيل بواسطة جلبة التركيب

- **التركيب بواسطة التسخين:** وفي تركيب البيل كبيرة الحجم يتم تسخين البيلية المراد تركيبها في مغطس زيتي أو على لوح تسخين (مع تقليبها باستمرار) حتى درجة حرارة (100C°) على الأكثر، إذ إن درجات الحرارة الأعلى قد تؤدي إلى حدوث تغير في البنية الداخليّة لأجزاء البيلية.
- **التركيب الهيدروليكي:** لتركيب البيل ذات المقاسات الكبيرة ولها تجويف مخروطي ينصح باستخدام مكبس ذو اسطوانة حلقية لتركيب البيلية.

ب- فك البيل:

ويجري فكّ البيل باستخدام بريصة السحب الشكل (4). ويمكن تسهيل عمليّة الفكّ بوضع قطعة قماش مشرّبة بزيت ساخن على الحلقة الداخليّة أو بتسليط البخار على الحلقة الداخليّة للبيل، ولا يجوز تسخين البيل نفسها.

ويمكن فك البيل باستخدام ضغط الزيت (الطريقة الهيدروليكية)، حيث يتمّ ضغط الزيت بين أسطح الأزواج بين العمود وحلقة البيلية الداخليّة باستخدام مكبس زيت يدويّ أو بحقن الزيت، ويعمل الغشاء التزليقي الناشئ على إنقاص قوة الالتصاق بين الحلقة الداخليّة للمحمل والسطح الخارجيّ للعمود وبذلك يسهل فك البيلية.

ويجب المحافظة على البيلية بعد تركيبها بتغطيتها، وذلك للحفاظ عليها من الغبار والأوساخ، كما يجب تزييت أو تشحيم البيلية بين حين وآخر.



شكل (4): فك البيل بواسطة بريصة السحب

6- الأضرار الَّتي تواجهها البيل:

تتعرض البيـل لأضـرار وصدمـات عديـدة نتيجـة شـرائح محيـط العمـل الميكانيكيّـة والبيئيـة، فالحـرارة العاليـة والاهتـزازات والقـوى الإضافيـة والأتربـة والرطوبـة تقلّـل مـن عمـر البيـل.

تظهـر الأضـرار داخـل سـطح الحلقـات الداخليّة والخارجيّة وعلى سـطح الكرات والأسـطوانات الفلزية والحلقة القفصيـة للكـرات والأسـطوانات الفلزية بصـورة سـطوح خشـنة أو تصـدع أو شـقوق أو كسـر، كمـا فـي الشـكل (5).



الحلقة القفصية للكرات نتيجة عدم التزييت



أسطوانة لبيلية أسطوانيّ نتيجة عدم الخبرة عند تركيب البيلية



الحلقة الداخليّة نتيجة القوى الاهتزازية



الحلقة الخارجيّة نتيجة التآكل بسبب الماء

شكل (5): الأضرار التي تواجهها البيل



ثانياً- البكسات (Box Coupling):

تعمل بكسات الربط على توصيل عمودين معاً في نهاية كلّ منهما بإحكام أثناء العمل بغرض نقل القدرة الميكانيكية من أحدهما إلى الآخر. وتتمثل أهمِّيَّة البكسات في توصيل جزئين ليدوران معاً، وقد يسمح هذا الأمر بتوفير قدر من عدم الموائمة (الإنزياح) بين مستوى العمودين المتصلين معاً، وعند اختيار وتصميم البكسات يجب أن يتمّ التوفير في تكاليف التركيب والصيانة والوقت والجهد المستغرق لذلك. وبالتالي يمكن القول إن البكسات تمثل جزءاً ميكانيكيّاً يعمل على توصيل طرفي عنصرين متجاورين لكي يدوران معاً.

1- طريقة اختيار البكسات المناسبة لنوع التطبيق المطلوب:

يتم ذلك تبعاً للاعتبارات الآتية:

أ- قطر عمود المراد نقل حركته بالإضافة لقطر العمود المدار، الشكل (6).

ب- اعتبارات عزم الدوران لعنصر الإدارة.

ج- مقدار الانزياح لعمود الإدارة عن مستوى محور الاتزان.

د- مادة صنع عمود الإدارة.

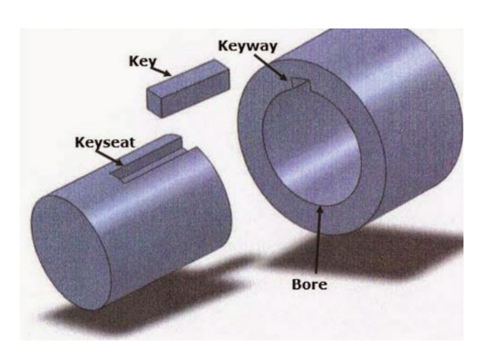
هـ- طريقة الربط أو التوصيل المطلوبة.

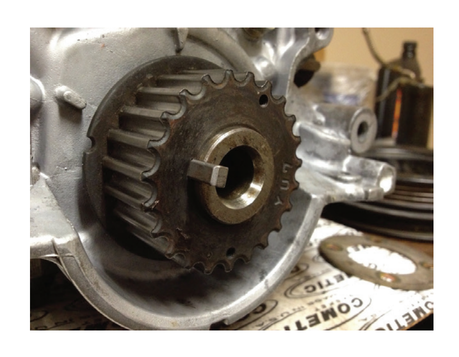


شكل (6): أحجام مختلفة من البكسات

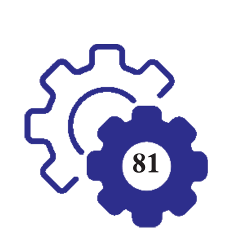
2- أنواع البكسات (Box Coupling):

أبسط أنواع بكسات الربط (Box Coupling) هي المبينة في الشكل (7) والتي تعمل على ربط عمودين يدوران معاً، وفي الغالب تحتوي الوصلة على فتحة مستطيلة (Keyway) لتوضع (المفتاح/ الدسرة - Key) فيها.





شكل (7): بكسات الربط (Box Coupling)



5-2 الموقف التعليمي الخامس: إجراء أعمال التزييت والتشحيم للقطع الميكانيكيّة

وصف الموقف التعليمي:

حضر صاحب مصنع إلى مؤسسة صيانة الآلات الصناعيّة يريد من فني الصيانة إجراء أعمال الصيانة الوقائية المتعلقة بتزييت وتشحيم الآلات الموجودة في مصنعه، فطلب من الفني شراء ما يلزم من قطع وزيوت وشحمة مناسبة وعمل اللازم.

العمل الكامل:

خطوات العمل	الوصف	المنهجية	الموارد
أجمع البيانات، وأُحلِّلها	• أجمع بيانات من صاحب المصنع عن طبيعة الخلل. • أجمع بيانات عن: - أنواع الآلات الموجودة عند الزبون. - كيفية اختيار أنواع الزيوت والشحمة. - القطع التالفة أثناء العمل.	• التعلم التعاوني/العمل بمجموعات. • الحوار والمناقشة/ تحليل الطلب بين فريق المجموعة • البحث العلمي.	• القرطاسية. • الوثائق (كتالوجات). • مواقع الكترونية تعليمية موثوقة وفيديوهات (الشبكة العنكبوتية).
أُخطِّط، وأُقرِّر	• أصنف البيانات وتبيوبها. • أحدد الأدوات والعِدَد والأجهزة اللازمة للعمل. • اتِّباع الإرشادات والتعليمات الفنِّيَّة بكتالوج التركيب وجداول الصيانة الوقائية والتشغيل للآلات. • فحص وتحديد القطع التالفة. • تقدير التكاليف. • تحديد جدول زمنيّ للتسليم.	• الحوار والمناقشة. • العمل ضمن مجموعات. • البحث العلمي.	• قرطاسية. • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام. • نموذج تقدير التكاليف. • نموذج الجدول الزمني. • الشبكة العنكبوتية.
أُنفّذ	• استخدام أدوات السلامة المهنيّة وفقاً للمعايير الفنِّيَّة وأنظمة السلامة ذات الصلة. • استخدام العِدَد والأدوات المناسبة لعمليّة التزييت والتشحيم. • تزييت وتشحيم الآلات حسب أدلّة التشغيل لها. • تنظيف الآلات وغسلها بعد إتمام عمل إجراءات الصيانة.	• التعلم التعاوني. • الحوار والمناقشة.	• صندوق العِدَّة كامل. • الأجهزة والعدد الخاصَّة بالفحص والتركيب والصيانة. • ماكينة التشحيم المتوفّرة وثائق. • القطع الميكانيكيّة اللازمة لعمليّة التركيب والتشغيل والصيانة.

أتحقَّق	• التأكّد من السلامة والاحتياطات الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار أثناء التزييت والتشحيم. • التأكّد من تزييت وتشحيم جميع أجزاء الآلات بالصورة الصحيحة. • إعادة تشغيل الآلات بعد تزييتها وتشحيمها. • التحقق من جودة العمل.	• العمل في مجموعات.	• أجهزة القياس. • مخططات التوصيل للجهاز. • تعليمات السلامة العامة. • معايير الجودة والمواصفات.
أُوثِّق، وأقدم	• جمع بيانات من الزبون عن طبيعة الخلل. • إنشاء قوائم خاصَّة بالعِدَد اليدويّة المستخدمة. • إعداد جدول تكلفة. • تحديد جدول زمنيّ للتسليم. • تسليم قوائم العمل لمسؤول الصيانة.	• النقاش والحوار بما تم إنجازه. • مجموعات عمل. • عرض تقديمي.	• جهاز حاسوب. • جهاز عرض. • أقلام وقرطاسية.
أُقوم	• رضى صاحب المصنع بما يتفق مع طلبة. • المطابقة مع المواصفات والمعايير.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي.	• نماذج التقييم. • طلب الزبون.

الأسئلة:

1- أفسّر الأسس الَّتي دعت إلى الحاجة لإجراء أعمال التزييت والتشحيم.

2- أوضح المقصّود بالتآكل؟

3- أبيّن أين تستخدم كلّ من الزيوت ذات اللزوجة المنخفضة والمرتفعة.

4- أعطِ أمثلة على طرق تزييت الآلات الصناعيّة.

5- أبيّن كيف يتمّ تصنيف الشحمة، وما مكوّناتها؟

6- أبيّن كيف يتمّ تخزين الشحمة، وما شروط تخزينها؟

أتعلّم:

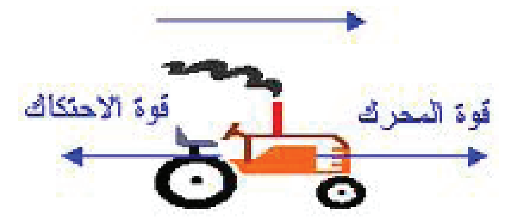
نشاط: أضف زيتاً إلى صندوق مسنّنات يدويّاً.

1- عمليّات التزييت والتشحيم:

إن عمليّات التزييت والتشحيم للماكينات الصناعيّة هي أولى وأهمّ خطوات الصيانة الَّتي يمكن إجراؤها للماكينات الصناعيّة، فبالمحافظة على عمليّات التزييت والتشحيم المنتظمة والدورية للماكينات نضمن استمرار عمل الماكينة بكفاءة عالية؛ الشيء الَّذي يؤثّر على زيادة الإنتاج، وبالتالي رفع الربحيَّة المتوقَّعة من المصنع.

2- الأسس والأسباب الَّتي نشأت على أساسها فكرة التزييت والتشحيم للآلات الصناعيّة:

المقصود بالاحتكاك هو القوى المقاومة لحركة سطحين متحرِّكين متلامسين صناعيّاً، كما يظهر في الشكل (1) أن الاحتكاك دائماً يعاكس الحركة. يمكن أن يكون الاحتكاك مقبولاً أحياناً، أو غير مقبول في أحيان أخرى، فمثلاً في حالة إطارات السيارات، (Tires) وأيضاً فكرة عمل الفرامل (Brakes) هنا تكون فكرة الاحتكاك مقبولة، كما يظهر في شكل (2).



شكل (1): الاحتكاك يعاكس الحركة

أما في حالات تشغيل الأجزاء الميكانيكيّة في مُعَدّات أخرى تحتوى على بيل (Bearings) أو تروس نقل حركة (Gears) الاحتكاك هنا يكون غير مرغوب به حيث إنّه ينتج عن عمليّات الدوران تآكل (Wear)، كما ينتج أيضاً حرارة (Heat). والتآكل والحرارة هنا تمّ تصنيفهم هندسياً على أنهم من العوامل الأولية لحدوث الانهيار (Failure) بالإضافة إلى أن الطاقة المستهلكة للتغلب على الاحتكاك، الَّتي تتولد على هيئة حرارة تُعدّ طاقة مفقودة.


شكل (2) : الاحتكاك في حالة الفرملة

3- أنواع الاحتكاك:

أ- الاحتكاك الاستاتيكي الساكن (Static Friction): يحدث الاحتكاك الساكن عندما لا يكون الجسمان متحرِّكين بالنسبة إلى بعضهما البعض (مثل الطاولة على الأرض). القوة الابتدائية اللازمة لتحريك هذا الجسم تكون عادة أكبر بقليل من قوة الاحتكاك الساكن، ويكون معامل الاحتكاك الساكن عادة أكبر


شكل (3): كراسي تحميل تآكلت من الاحتكاك

من معامل الاحتكاك الحركيّ. مثال على ذلك القوّة الّتي تمنع عجلات السيارة من الانزلاق على سطح الدوران، فعلى الرغم من أن العجلات تدور، إلا أنَّ النقطة النسبيَّة للحركة بين العجلة والأرض تكون ساكنة بالنسبة للأرض، ولذلك يكون الاحتكاك ساكناً.

ب- **الاحتكاك الانزلاقي (Sliding Friction):** يحدث عندما يحتكُّ جسمان صلبان بعضهما ببعض كما هو الحال عندما يتطلّب الأمر سحب أو انزلاق جسم على آخر؛ مما ينتج مقاومة كبيرة. (كما هو الحال عند تحريك كتاب على الطاولة).

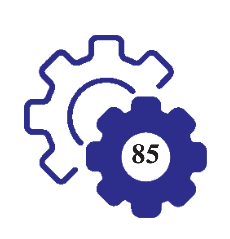
ج- **الاحتكاك التدحرجي (Rolling Friction):** يحدث عندما يتمّ دحرجة جسم على آخر، ولكن الأمر يتطلّب مقاومة أقلّ من الحالة السابقة، وبالإضافة لذلك يحدث بعض الانزلاق أيضاً.

ولكن الاحتكاك الناتج عن عمليّة الدحرجة لا يمكن أن يقارن بالاحتكاك الناتج عن عمليّة الانزلاق، وبالتالي هناك فرق كبير جداً بين الطاقة المطلوبة لمقاومة الاحتكاك في الحالتين. حيث يكون الاحتكاك الانزلاقي والاحتكاك الساكن أعلى بكثير من الاحتكاك التدحرجي.

4- التآكل (Wear):

تم تصنيف التآكل على أنه انهيار متقدِّم ناتج عن فقد جزء من المادة (Material) المستخدمة، ويحدث التآكل بسبب تلامس متواصل بين جسمين متحرِّكين. ولا يصنّف أي معدل من التآكل على أنه انهيار، حيث إنّه صناعيّاً يوجد نسبة مقبولة من التآكل كناتج طبيعيّ لعمليّات التشغيل ودوران الأجزاء، ومما لا شك فيه أن الاحتكاك الزائد يؤدي إلى تآكل المادة بمعدل أكبر من المحسوب هندسياً والذي ينتج عنه انهيار المعدة؛ مما يعني هنا خسارة اقتصادية تتمثل في استهلاك لقطع الغيار، أو الوقفات للتغير بالإضافة إلى الحرارة المتولدة التي أوضحنا سابقاً تصنيفها على أنَّها طاقة مفقودة لا يمكننا الاستفادة منها، وبالتالي يمكننا القول إن التآكل يصنَّف على أنَّه البداية الفعلية في انهيار كفاءة نظام العمل ككل.

ومما لا شك فيه أن التآكل الطبيعيّ لا يمكننا اجتنابه، طالما أن الحركة موجودة بين سطحين متلامسين، ولكن يمكننا أن نقلِّل هذا التآكل عن طريق التصميم الميكانيكيّ الخاص لكل مُعَدّة، وكذلك بواسطة الضبط المُحكَم للمُعَدّات، وأخيراً اختيار الخامات والقيام بعمليّات الصيانة الوقائية، بما في ذلك التزييت والتشحيم.



أولاً- أعمال التزييت (Lubrication):

التزييت: هو وضع مادة ذات لزوجة قليلة بين الأسطح المتحرِّكة (التي لها معامل احتكاك عالٍ) بغرض تقليل حدوث الانهيار، أو بمعنى آخر يتمّ تغيير السطح المعرض للتآكل بسطح آخر له معامل احتكاك أقل.

ويمكن تصنيف أي مادة (غاز، سائل، صلب) توضع بين سطحين متلامسين متحرِّكين على أنَّها مادة تزييت، بشرط أن يكون معامل الاحتكاك لها أقلّ من أسطح الخامات المتحرِّكة، وتتكوَّن الزيوت المستخدمة في تزييت الماكينات الصناعيّة من الزيت المقطر من البترول، والإضافات الَّتي تضاف عليه لتحسين خواصّه وجودته، مثل إضافات مانعات الأكسدة وغيرها.

1- استخدامات الزيوت في التطبيقات التالية:

أ- المسنَّنات وصناديق المسنَّنات: حيث يوضع الزيت المناسب في صناديق المسننات، والشكل (4) يُبيِّن مثالاً على صندوق مسنَّنات صناعيّ من أهم أعمال الصيانة الَّتي تجرى لها.



شكل (4): صندوق مسنَّنات صناعيّ

ب- الجنازير الناقلة للحركة: غالباً ما يتمّ تشحيم الجنازير وليس تزييتها، إلا أنه في بعض التطبيقات الصناعيّة يجب تزييتها لا تشحيمها، وذلك يعود لأن التطبيق الصناعيّ لا يحتمل وجود الشحمة بسبب النظافة والأسباب الصحية، فمثلاً في ماكينات صنع الكاسات البلاستيكية يستخدم الجنزير لنقل الرول البلاستيكي داخل الماكينة، فلو أن الشحمة استخدمت سيتساقط جزء من هذه الشحمة على الرول البلاستيكي، وتتسخ الكاسات المعدة لشرب الماء، كما يظهر في شكل (5).



شكل (5): ماكينة لصنع الكاسات البلاستيكية

ج- كراسي التحميل (البيل): يُعدّ تزييت البيل بعد تركيبها الصحيح من العوامل المهمة جداً في إطالة عمر كراسي التحميل، لهذا السبب في المناطق الَّتي يوجد فيها كراسي تحميل في الماكينات الصناعيّة تستخدم طرق تزييت في الغالب أوتوماتيكية لضمان وصول الزيت إليها، وشكل (6) يظهر استخدام الشحمة في البيل.



شكل (6): استخدام الشحمة في البيل



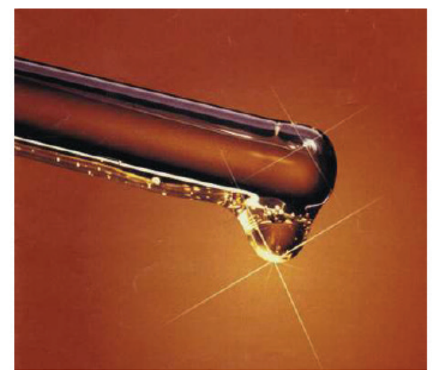
د- الأنظمة الهيدروليكية والهوائية: يستخدم التزييت في الأنظمة الهيدروليكية والهوائية؛ وذلك للمحافظة على جلد الصمامات والأسطوانات الهيدروليكية والهوائية لينة وطرية، وكذلك إحكام إغلاق هذه الجلد مع الفراغ المخصص لها؛ للتقليل من التسريب في الأنظمة الهيدروليكية والتنفيس في الأنظمة الهوائية. ويظهر شكل (7) وحدة التزييت فلتر الماء في الأنظمة الهوائية.



شكل (7): وحدة التزييت وفلتر الماء في الأنظمة الهوائية

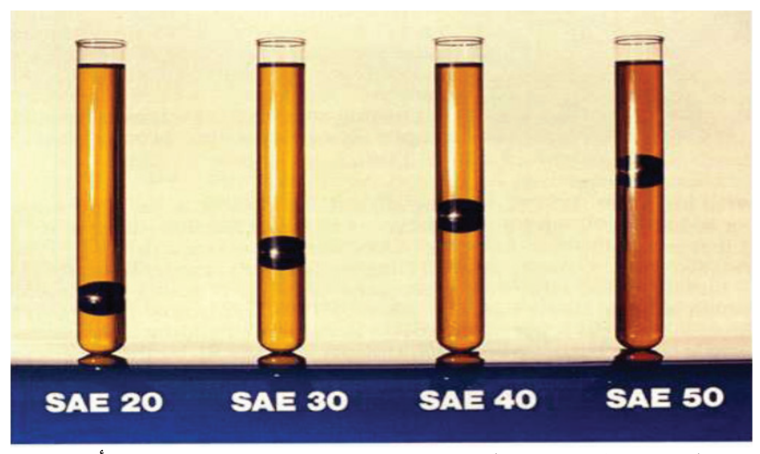
2- مواصفات الزيوت (Characteristics of Lubricating Oil):

أ- اللزوجة (Viscosity): تعرف اللزوجة أنَّها مقياس مقاومة الزيت للانسياب، وتُعدّ اللزوجة من أهم الخواصّ الطبيعيّة للزيت، التي يتمّ على أساسها اختيار نوعية الزيت المستخدم، وكذلك لتحديد مدى صلاحية الزيت المستخدم فعلاً، كما في شكل (8).

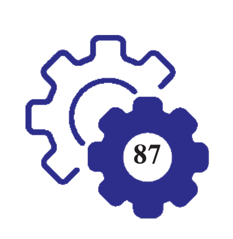


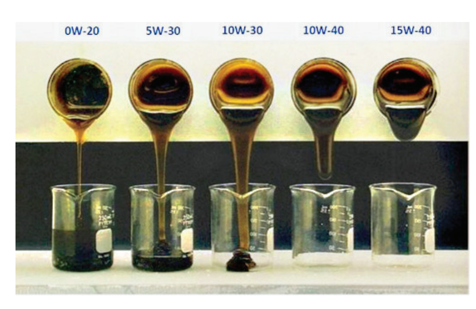
شكل (8) : اللزوجة مقاومة السائل للتدفق

وقامت مؤسسة المهندسين الأميركيين (SAE) بإعطاء أرقام للزيوت تدلّ على لزوجتها، فكما نلاحظ من شكل (9) كلما ازداد هذا الرقم ازدادت مقاومة الزيت للتدفق، أي بمعنى آخر ازدادت لزوجته.



شكل (9) : لاحظ من الشكل كلما زاد رقم الزيت زادت ممانعته للاختراق أو للتدفق





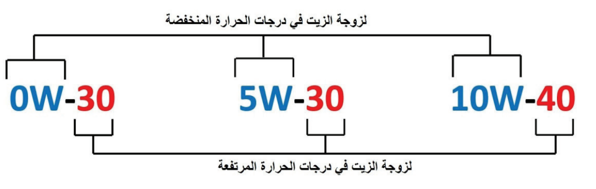
شكل (10) : ترقيم الزيت المتعدد

وهناك زيوت متعدّدة الترقيم، والرقم الَّذي يوجد عليها يدلّ على إمكانية استخدامها سواء في الدرجات الحرارة العالية أو المنخفضة، وكما هو معروف فإنه يلزمنا في درجات الحرارة العالية زيوتاً ذات لزوجة عالية، والعكس صحيح في الدرجات المنخفضة، ويُبيِّن شكل (10) بعضاً من هذه الترقيمات.

ويبين شكل (11) طريقة ترقيم الزيت المتعدد، حيث تم قياس لزوجة الزيت في كل من درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة، حسب مؤسسة (SAE) والتي تتكون من رقمين.

- درجات الحرارة المنخفضة:

الرقم الأول الذي يليه حرف (W - يرمز للشتاء Winter) يصف لزوجة الزيت في درجات الحرارة المنخفضة (0C°) وكلما كان الرقم أقل كلما كان الزيت أقل لزوجة في درجات الحرارة المنخفضة.



شكل (11) : طريقة ترقيم الزيت المتعدد

- درجات الحرارة المرتفعة:

ويصف الرقم الثاني مدى لزوجة الزيت عند درجة حرارة التشغيل العادية (100C°) وهي درجة حرارة مرتفعة بالنسبة للجو، وكلما كان الرقم أقل كلما كان الزيت أقل لزوجة في درجات الحرارة المرتفعة.

فمثلاً زيت (10W - 40) يعني أن لزوجة هذا الزيت على درجات حرارة عالية كالصيف مثلاً يعبر عنها بالرقم (40) أي ذات لزوجة عالية، وفي درجات الحرارة المنخفضة كالشتاء مثلاً تكون لزوجة الزيت (10) أي ذات لزوجة منخفضة.

ملاحظة: **اللزوجة (Viscosity):** جاذبية انسكاب الزيت (السائل)، أو زمن جريان السائل أثناء مروره بالأنبوبة الشعرية وتقاس بجهاز قياس اللزوجة (Viscometer)، أما وحدات قياسها فهي (cm/sec)، وتدعى سنتي ستوك (CST).

أسباب ارتفاع لزوجة الزيوت المستخدمة:

- تعرض الزيوت لدرجات حرارة عالية لفترات طويلة.
- تزويد الزيت بزيت آخر ذي لزوجة عالية.
- تكون رواسب كربونية خاصّة في ظروف زيوت آلات الاحتراق الداخليّ.

أسباب انخفاض لزوجة الزيوت المستخدمة:

- تزويد الزيت بزيت آخر ذي لزوجة منخفضة.
- تلوث شحنة الزيت بوقود غير محترق.

وعلى أي حال يتمّ تغيير الزيوت إذا ارتفعت أو انخفضت لزوجة الزيت بمعدل (15%) من اللزوجة الأساسيَّة للزيت، وبما أنه يتمّ اختيار الزيوت على أساس اللزوجة، فإنَّ الزيوت ذات اللزوجة المنخفضة تستعمل لظروف تشغيل مختلفة عن الزيوت ذات اللزوجة العالية.

- تستعمل الزيوت ذات اللزوجة المنخفضة في ظروف تشغيل - السرعة العالية - أحمال خفيفة - درجات حرارة منخفضة.
- تستعمل الزيوت ذات اللزوجة العالية في ظروف تشغيل - السرعة البطيئة - أحمال عالية - درجات حرارة عالية.
- تستخدم زيوت خاصَّة في الأنظمة الهيدروليكية تسمى زيوت هيدروليكية.

ملاحظة: اقرأ دائماً دليل منتج الماكينة لتعرف الزيت المناسب لها.

ب- الحامضية/ رقم التعادل (Neutral Volume): الرقم الدال على الحامضية الكلّيّة يقاس بإذابة الزيت بمزيج من الميثانول والتولوين، وهذا المزيج يسحح (يعاير) مقابل قاعدة قياسيّة لهيدروكسيد البوتاسيوم مقاساً بالملي غرامات اللازمة لمعادلة الحامضية الكلّيّة للزيت، والموجودة في غرام واحد من الزيت العازل، حيث إنّ رقم التعادل المقبول (0.03 mg.KOH/g).

ج- الاستقرارية ضد الأكسدة (Oxidation): يعني الزيت من تفكك وانحلال بدرجات الحرارة العالية بحدود (120 مئوية) ولفترة زمنيّة تزيد عن (75 ساعة) بوجود النحاس كعامل مساعد، وفي نفس الوقت يتمّ ضخ الأوكسجين على هيئة فقاعات داخل نموذج الزيت وبمعدل جريان ثابت. يمكن قياس درجة الأكسدة بتحديد كمِّيَّة الرواسب والملوثات داخل نموذج الزيت، إضافة إلى قياس الحامضية الكلّيّة للزيت بعد عزل الرواسب يكون الرقم المقبول للرواسب هو (0.4 mg.KOH/g) تقريباً (1%) رواسب.

د- الكبريت المسبِّب للتآكل (Corrosive Sulfur): يجب أن يكون الزيت خالياً من الكبريت.

هـ- الرطوبة (المحتوى المائي) (Water Content): تؤثر الرطوبة أثناء وجودها إلى حد بعيد في نتائج عازلية الزيت أو السوائل العازلة بشكل عام، حيث تقلّل قوة العزل، ويزداد فقدان الخواصّ العازلة بوجودها، إن هذه الحالة يمكن أن تزداد سوءاً في حالة وجود ملوّثات قطبية ذائبة في الزيت، وهذه الملوثات يحتمل أن تكون نتيجة لعمليّات الأكسدة مع مرور الزمن، أو نتيجة للاستخدام غير الصحيح أثناء عمليّة المناقلة، أو المداولة، وبشكل عام فإن قابلية ذوبان جزيئات الماء تزداد مع ارتفاع درجات الحرارة، وبذلك تزيد من سوء العازلية.

3- أنواع الزيوت: عادة يتمّ تصنيف الزيوت إلى:

أ- زيوت مقطرة (Refined): وذلك مثل زيوت البرافين، (Paraffinic) والنافثينية (Naphthenic)، والاختلاف بينهما يكون في ترتيب جزيئات الهيدروجين والكربون.

وتستخدم هذه الزيوت عادة في ظروف التشغيل، عندما يكون التغير في درجة الحرارة ضئيلاً، وكذلك في ظروف التشغيل الّتي تتطلّب معدل انسياب بطيء للزيوت.

ب- زيوت تركيبية (Synthetic): وذلك يتمّ عن طرق تصنيع أو تركيب للزيت من مكوّنات كيميائية، وتصنّف هذه الزيوت على أنّها أعلى من الزيوت الطبيعيّة.

4- اختيار الزيوت:

أ- اختيار الزيت لكراسي التحميل (البيل):

حتى تعمل كراسي التحميل بكفاءة عالية وتتحمل السرعات العالية ودرجات الحرارة لا بد من توفير الزيت المناسب. ويتم اختيار هذه الزيوت حسب حسابات وجداول معدة لهذا الغرض، ولتوضيح هذه الفكرة سنأخذ مثالاً من شركة (SKF) العالميّة.

مثال:

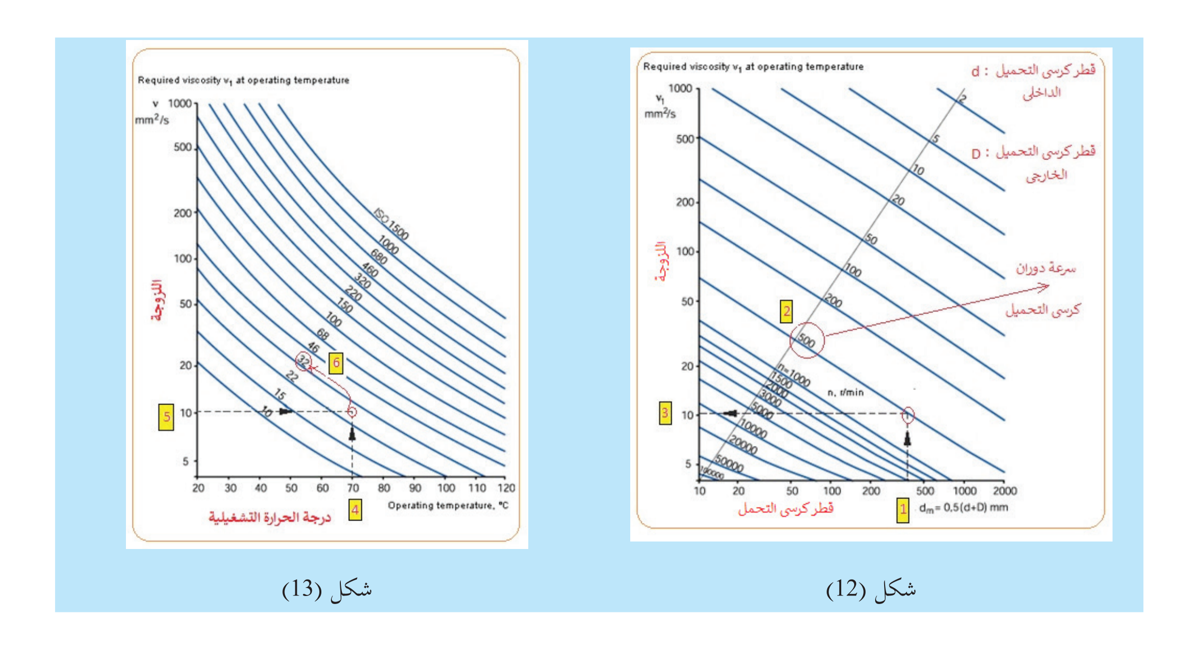
لو فرضنا وجود كرسي تحميل قطره الداخليّ (d = 340mm) وقطره الخارجيّ (D = 420mm)، وسيعمل بسرعة مقدارها (n = 500RPM):

1- من الشكل (12):

- محور السينات يمثّل قيم (md): معدل قياس قطر كرسي التحميل (Bearing Mean Diameter)
- محور الصادات يمثّل قيم اللزوجة
- الخطوط المائلة تمثل سرعات الدوران بوحدة دورة/ الدقيقة:
- لذلك فإنّ أقلّ لزوجة مطلوبة من الزيت ليعمل كرسي التحميل: $dm = 0.5 \times (d + D) = 380mm$
- من الشكل وعند قيمة (dm = 380mm) وسرعة دوران (500 دورة/ دقيقة) نجد أن: أقلّ قيمة لزوجة = ($10mm^2/s$).

2- وبفرض أن درجة الحرارة الّتي سيعمل عندها كرسي التحميل هي ($70C^o$) (تبعاً لتخمين قيمة هذه الحرارة من ظروف العمل في المصانع) وسرعة دوران كرسي التحميل.

3- باستخدام شكل (31) وبمقاطعة قيمة درجة الحرارة ($70C^o$) من المحور السيني وقيمة اللزوجة ($10mm^2/s$) من المحور الصادي، التي وجدناها مسبقاً نجد أن: الزيت المطلوب هو زيت (ISO VG 32)حسب الترقيم العالميّ للزيوت (انتبه للملاحظة الآتية).



شكل (12)

شكل (13)

ملاحظة مهمة جداً

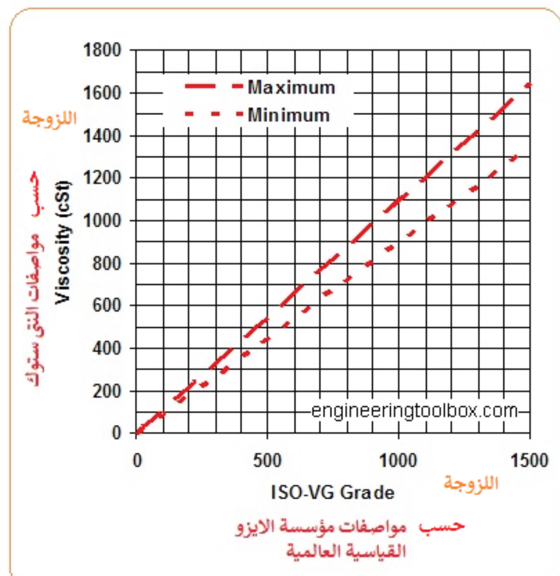
المنظمات العالميّة الَّتي قامت بوضع ترقيم للزيوت هي:

1- SAE (Society of Automotive Engineers): وهـي مختصّـة بالزيـوت الَّتـي تعتنـي بمحـرِّكات السيارات، وهـي الَّتـي اعتمدنـا ترقيمهـا فـي هـذه الوحـدة.

2- AGMA (American Gear Manufacturers Association): واختصـت بترقيـم زيـوت صناديـق المسـنَّنات (Gears)

3- SUS (Saybolt Universal Seconds): وهي قياس قيمة اللزوجة بوحدة السنتي ستوك (cSt).

4- وبتعـدد هـذه الشـركات خلـق هـذا التشـتت فـي ترقيـم الزيـوت فقامـت International Standards Organization (ISO) المنظمـة العالميّـة (الآيـزو) بإيجـاد ترقيـم عالمـيّ للزيـوت الصناعيّـة سـمي International Standards Organization Grade Viscosity، (VG ISO)، وهـذا هـو الترقيـم الَّـذي ورد فـي حـل المثـال أعـلاه. وفيمـا يلـي جـداول (1) تبيـن التحويـل بيـن هـذه القياسـات.



جدول (1): العلاقة بين السنتي ستوك والمنظمة العالميّة الآيزو

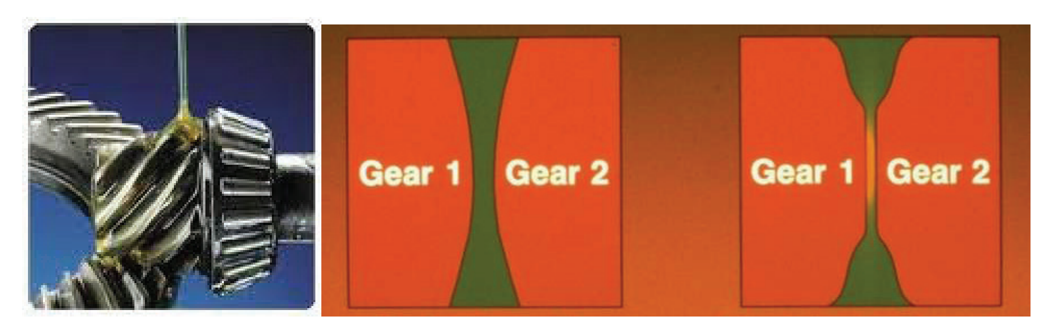
ISO-VG Grade	SAE- Grade	AGMA Grade		no
22	5W	REGULAR	EP	1
32	10W			2
46	15W	1		3
68	20W	2	2 EP	4
100	30	3	3 EP	5
150	40	4	4 EP	6
220	50	5	5 EP	7
320	60	6	6 EP	8
320	120			9
220	90			10
460	85W-140	7	7 EP	11
680		8	8 EP	12
1500	250			13

ب- اختيار الزيت لصناديق المسنَّنات:

كما اتَّضح من الشرح السابق أن أهمّ خاصِّيّة لاختيار الزيت هي اللزوجة التي تعتمد على درجة الحرارة بشكل مباشر؛ لهذا عند اختيار الزيت للمسنَّنات لا بد من استشارة الشركة المصنعة لصندوق المسنَّنات، وكذلك معرفة درجة حرارة العمل للصندوق.

5- التزييت الهيدروديناميكي (Hydrodynamic or Fluid Film):

من المتعارف عليه هندسياً أنه في حالات الأحمال العالية فإن لزوجة مادة التزييت لا تكون كافية وحدها لضمان وجود طبقة (Film) التزييت بين الأسطح المتحرِّكة، ولذلك فإنَّ نوع الزيت أو الشحم المختار لا بد أن يكون من الأنواع الَّتي تتحمل ضغوطاً عالية، وذلك حتى تساعد الحمل لحين تكوين الطبقة المغلفة المطلوبة، ومن الشكل الموضِّح نجد أنه في حالة عدم الدوران يكون الجسم المعلق محملاً على الآخر، محاولاً طرد طبقة التزييت ما بين الجسمين، ومع بدء الدوران تبدأ مادة التزييت بالالتصاق بالجسم الدوّار، وتبدأ بالتقدم تدريجياً للوصول إلى الالتصاق الكامل، ومع زيادة السرعة يرتفع ضغط مادة التزييت، وتتكوَّن طبقة كاملة فاصلة ما بين الجسمين، كما يظهر في شكل (14).



شكل (14): تكون طبقة كاملة فاصلة ما بين الجسمين

6- التزييت الهيدروستاتيكي (Hydrostatic Lubrication):

تستعمل هذه الطريقة في بعض كراسي المُعَدّات الثقيلة عند بدء الحركة فقط، حيث يكون الاحتكاك شديد الارتفاع، فإنَّ ضخ الزيت بين أسطح الكرسي ينشأ عنه غشاء سميك يخفض من عزم الدوران عند بدء الحركة إلى حوالي 1:10 مما مطلوب بدونه، وفي هذه الحالة يتمّ ضخ الزيت عند بدء الحركة بواسطة مضخّة تعمل باليد أو بواسطة موتور، ثمَّ يوقف الضخ بعد بدء الحركة، حيث يكون تزييت هذه الكراسي بعدئذ بنفس فكرة التزييت الهيدروديناميكي.

7- العوامل المؤثرة على تشكيل طبقة التزييت:

أ- لزوجة مادة التزييت لا بدّ أن تكون عالية ومناسبة وتساعد مادة التزييت على تواجدها بين الأجسام المتلاصقة حتى يحدث عمليّة الفصل الكامل بين الجسمين عند الدوران والوصول إلى سرعة التشغيل.

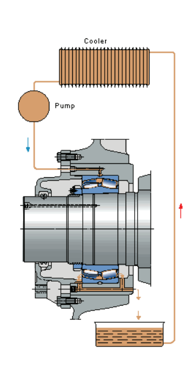
ب - سرعة التشغيل لا بدّ أن تكون كافية لتعطي فرصة لتشكيل مادة التزييت، وأيضاً لاحتفاظ الأجزاء المتلامسة بطبقة التزييت الموجودة.

ج- الأسطح المتلامسة لا بد أن تكون ناعمة جداً، ولا يوجد بها أجزاء محدَّبة يمكنها أن تكسر طبقة التزييت.

ومما سبق يمكن القول: إن التزييت الهيدروديناميكي يقلِّل من حدوث الاحتكاكات؛ مما يقلِّل من حدوث التآكل، والوصول به إلى الحدود المقبولة صناعيّاً.

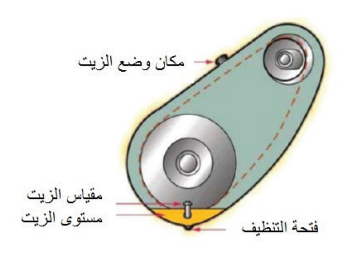
8- طرق التزييت:

أ- تدوير التزييت: تستخدم هذه الطريقة عندما يكون هناك حاجة إلى تبريد زيت التزييت؛ نتيجة للسرعات العالية الَّتي يدور بها الجزء المراد تزييته، فكما هو واضح من الشكل (15)، يتمّ سحب الزيت من حوض الزيت عن طريق مضخّة، ويبرد الزيت بوجود مبادل حراريّ يسمى المبرد، وغالباً يكون وسط التبريد هو الماء.



شكل (15): طريقة التزييت بتدوير الزيت

ب- تزييت المسار: كما يظهر من شكل (16)، فإنَّ الجزء المراد زييته لقط الزيت أثناء حركته ذاتياً، وهي من أسهل طرق التزييت.



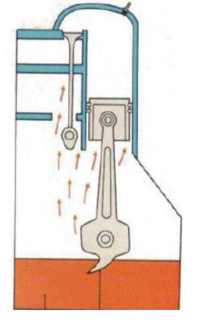
شكل (16): طريقة تزييت المسار

ج- التزييت الأتوماتيكي في الماكينات الحديثة: حيث تكون عمليّة التزيت متحكماً بها عن طريق متحكم الماكينة، ويتم التزييت أوتوماتيكياً حسب الوقت الّذي يحدّده منتج الماكينة، ويتم تزييت جميع مفاصل الماكينة.

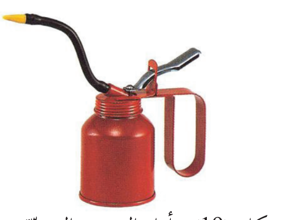
وكما يظهر من شكل (17) أجزاء مثل هذه الدورات، وهي المضخّة الرئيسيّة، والتي تكون محمية، فمثلاً إذا ارتفع ضغط دورة التزييت نتيجة لوجود انسدادات في الدورة، أو انخفض مستوى الزيت في خزان المضخّة، فإنَّ الدورة تتوقف عن العمل، وتعطي إنذاراً لمستخدم الماكينة. وكذلك من أجزاء الدورة مواسير التوزيع والموزعات.


شكل (17): أجزاء دورة التزييت الأتوماتيكية

د- طريقة التزييت بالطرطشة: كما في الشكل (18)، ففي هذه الطريقة يقوم الجزء الدوار بطرطشة الزيت عن خبط الزيت، وتستخدم هذه الطريقة بكثرة في صناديق المسنَّنات.


شكل (18): طريقة التزييت بالطرطشة

هـ- طريقة التزييت اليدويّة باستخدام المزيتة، كما في الشكل (19).


شكل (19): أداة التزييت اليدويّة

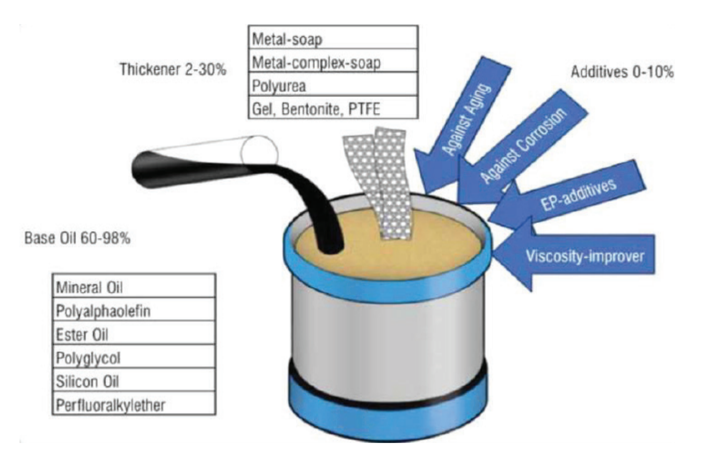

شكل (20): التزييت بالاهتزاز

و- طريقة التزييت عن طريق الاهتزاز كما في الشكل (20)، حيث يوضع الزيت في كاسات خاصَّة ونتيجة للاهتزاز يتدفق الزيت إلى الأماكن المراد تزييتها عن طريق مجارٍ خاصَّة.

نشاط: ابحث في السوق المحلي والمصانع المحلية عن أنواع الزيوت المستخدمة، وصف استخدام كلّ نوع.

ثانياً- أعمال التشحيم:

تصنع الشحمة وتشبه طريقة تصنيعها طريقة تصنيع الصابون، حيث إنّها تصنع من الزيوت المعدنيّة، ويضاف إليها موادّ لتخثير الزيت (تحويل المادة السائلة الى صلبة)، ويضاف كذلك موادّ أخرى لتحسين جودة الشحمة. ويظهر في الشكل (21) مكوّنات هذه الطريقة.

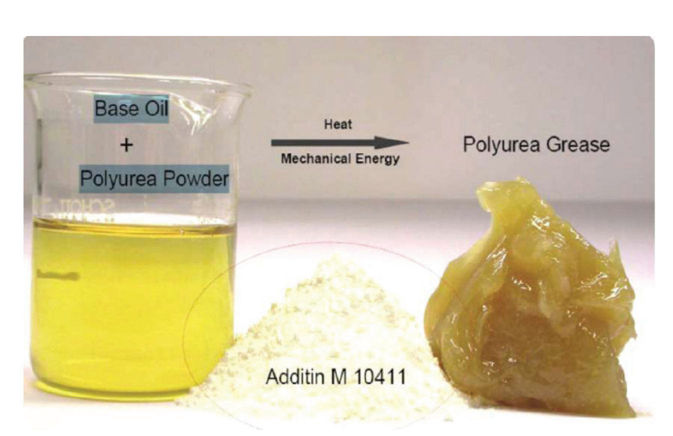


شكل (21): مكوّنات الشحمة

1- تصنيف الشحمة:

تصنّف الشحمة طبقاً لعدة خواصّ، ومن أهم هذه الخواصّ أنواع المخثرات الَّتي تضاف إلى الزيوت، وأغلب المخثرات هي الصابونة المعدنيّة مثل: ليثيوم، أو كالسيوم أو المنيوم، ومثل هذه الشحوم تتحمل درجة حرارة حتى ($180C°$).

وتصنع بعض الشحمة للتطبيقات الخاصَّة الَّتي تقاوم درجات حرارة عالية بإضافة مخثر بودرة البوليريا، وهذا ما يطلق عليه الشحمة الحراريّة، ويظهر الشكل (22) هذه الطريقة.



شكل (22): صنع الشحمة الحراريّة



وقد تمّ تصنيف أنواع الشحوم وترقيمها حسب المعهد العالميّ للشحوم (National Lubricating Grease Institute) أو (NLGI)، ويظهر الجدول (3) هذه الأرقام وخواصّ كلّ رقم. وقد تمّ هذا التصنيف على أساس مقاومة الشحمة للاختراق من شكل مخروطي على درجة حرارة (25C°).

جدول (3): درجات الشحمة حسب (NLGI)

تشبيهه مع الطعام	المظهر	مسافة الاختراق 25ºC (الاختراق 0.1 mm)	NLGI (رقم الدرجة)
زيت الطبخ	سائلة	445 - 475	000
عصير التفاح	شبه سائلة	400 - 430	00
خردل	ناعمة جداً	355 - 385	0
مربى البندورة	ناعمة	310 - 340	1
زبدة الفول السوداني	"الشحمة العادية"	265 - 295	2
الخضار المجففة	متماسكة	220 - 250	3
لبن الزبادي	متماسكة جداً	175 - 205	4
الجبنة المغلية	صلبة	130 - 160	5
جبنة القريش	صلبة جداً	85 - 115	6

ويستخدم الرقم (0، 1، 2) في صناديق المسنَّنات الَّتي تقاوم أحمال عالية، كذلك الدرجة (1) إلى (4) يتمّ استخدامها مع كراسي التحميل، والرقم (2) هو الأكثر شيوعاً واستخداماً.

2- استخدامات الشحمة:

الهدف الأساسي من استخدام الشحمة بقاؤها ملاصقة للجزء المتحرِّك دون الخروج منه، سواء تحت تأثير وزنها، أو بفعل الطرد المركزي للجزء المتحرِّك، ويمكن تلخيص فوائد الشحمة كالتالي:

- عمرها الاستخدامي طويل، حتى في ظروف عمل مرتفعة الحرارة.
- مانعة للصدأ، حيث تعمل طبقة عازلة وتمنع دخول الأكسجين.
- مقاومة للماء.
- تعمل بشكل ممتاز للأجزاء الَّتي تدور بسرعات بطيئة.

ويمكن استخدامها في الحالات الآتية:

- في الماكينات الَّتي تستخدم بشكل متقطع، وتبقى خارج العمل فترات طويلة.
- في الماكينات الَّتي لا يسهل الوصول إليها بشكل مستمرّ.
- في الماكينات الَّتي تقع تحت ظروف عمل صعبة مثل الضغوط العالية والصدمات القوية وتعمل بسرعات بطيئة تحت حمل عالٍ.
- يمكن استخدامها في الأجزاء المتآكلة؛ لأنها تعوِّض بعضاً من هذا التآكل.

3- مقارنة بين الشحمة والزيت:

- الزيت أسهل في التعامل وأحسن لتنظيف وإعادة تعبئة البيل.
- الزيت هو أكثر ملاءمة لدرجات الحرارة والتغيرات الواسعة في سرعة الجزء المتحرِّك المراد تزييته.
- الزيت يمكن استخدامه وسيطاً للتبريد وغسل الشوائب على عكس الشحمة.
- يمكن استخدام النفط في نظام تدفق الجاذبية لتليين عدد من البيل.
- الشحوم على عكس الزيت لا تحتاج إلى نظام معقَّد من اللبّادات ومانعات التسرّب.
- الشحوم ليست متنوعة بكثرة كتنوع الزيوت؛ لهذا هي أسهل في الاختيار من الزيوت.

ملاحظة: يمكن استخدام الشحوم في الأحمال العالية والبطيئة، والمناطق الَّتي لا يحتاج فيها إلى تبريد الجزء الدوار أو المتحرِّك، على عكس الزيت الَّذي يستخدم في المناطق الَّتي تحتاج إلى تبريد وسرعات متغيرة وسريعة.

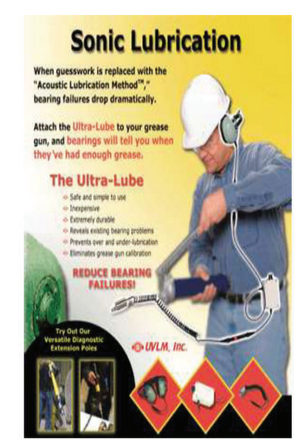
4- طرق التشحيم:

يظهر شكل (23) الأداة المستخدمة في التشحيم التي تسمّى مضخّة الشحمة اليدويّة، حيث يتمّ في البداية تعبئتها بالشحمة، ثمَّ استخدامها، وهذه الطريقة تتطلَّب مهارة لمعرفة هل الشحمة دخلت في المكان المخصص لها أم لا، وعادة يتمّ الاستماع إلى صوت البيل، حيث تسمع صوتاً خفيفاً (فرقعة) تبين دخول الشحمة إلى البيل.

شكل (23): التشحيم اليدويّ

ولحل مثل هذه المشكلة وهي سماع الصوت، زودت المشاحم اليدويّة (مضخات الشحمة اليدويّة) بسماعات خاصَّة يضعها الإنسان على أذنيه لتكبير صوت الشحمة (الفرقعة) بشكل واضح، كما يظهر من شكل (24).

ملاحظة: تأكد دائماً أنك وضعت الكمِّيَّة الكافية من الشحمة في موقع التشحيم.

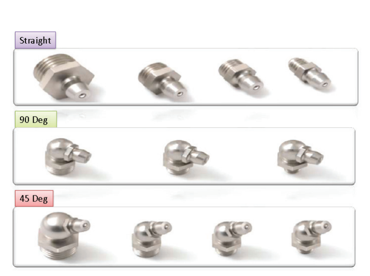


شكل (24): مضخّة تشحيم يدويّة مع سماعات

الطريقة الأخرى المستخدمة في التشحيم هي التشحيم بمضخّة الهواء المضغوط، شكل (25).

ودائماً تزوّد مناطق التشحيم بنبل التشحيم، كما يظهر في شكل (26).


شكل (25): مضخّة تشحيم هوائي



شكل (26): نبل التشحيم

5- تخزين الشحمة والزيت:

يجب أن يتفادى تخزين الشحمة أو الزيت خارج المصنع أو الورشة؛ لأن هذا يؤدّي إلى تفاعل الشحمة والزيوت مع المحيط الخارجيّ، ويؤدّي إلى إتلافها، لكن إذا كان لا بد من ذلك فيجب إغلاق علب الشحمة والزيوت بإحكام، ووضعها في رفوف خاصَّة مرتفعة عن الأرض، شكل (27).

أما عند التخزين داخل الورشة فيجب المحافظة على ما يأتي:

- أن تبقى درجات الحرارة معتدلة في جميع الأوقات.
- أن تخزن بعيداً عن مناطق التلوث الصناعيّ.
- أن تبقى نظيفة في جميع الأوقات.
- المحافظة على التنظيف بشكل دوري لمكان التخزين.


شكل (27): تخزين الشحمة والزيت

نشاط:

1- زيارة المصنع وملاحظة طرق تخزين الزيوت والشحوم.
2- ملاحظة طرق التشحيم المتبعة وأنواع الشحمة.
3- تنزيل ملفات فيديو عن طرق التشحيم والتزييت.



أسئلة الوحدة

السؤال الأول: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

1- كيف يتمّ اختيار البكسات المناسبة لنوع التطبيق المطلوب؟

أ) على اعتبارات عزم الدوران لعنصر الإدارة ومقدار الانزياح لعمود الإدارة عن مستوى محور الاتزان.

ب) قطر ومادة صنع العمود المراد نقل حركته بالإضافة لقطر العمود المدار وطريقة الربط المطلوبة.

ج) (a) و (b).

د) على خبرة فني الصيانة وكفاءة صاحب المخرطة.

2- ما العوامل الّتي تؤدي لحدوث انهيار للأجزاء الميكانيكيّة؟

أ) الاحتكاك.

ب) التآكل.

ج) التآكل والحرارة الناتجة عن الاحتكاك.

د) الطاقة المفقودة على شكل احتكاك.

3- أحد العناصر الآتية لا تستخدم الزيوت غالباً لتقليل الاحتكاك:

أ) المسنَّنات وصناديق المسنَّنات.

ب) البيل.

ج) الأنظمة الهوائية والهيدروليكية.

د) الجنازير الناقلة للحركة المستخدمة في الصناعات الغذائية.

4- مم تنتج الطاقة المطلوبة لمقاومة الاحتكاك ذات القيمة الأقل؟

أ) الاحتكاك الإستاتيكي الساكن.

ب) الاحتكاك الانزلاقي.

ج) الاحتكاك التدحرجي.

د) الاحتكاك السطحيّ.

5- أحد الخيارات الآتية لا تُعدّ من مميِّزات الزيوت المقطرة، ما هي؟

أ) الثبات العالي جداً.

ب) درجة الانسياب العالية.

ج) معدل تطاير منخفض.

د) لزوجة منخفضة.



6- ما اتجاه دوران الترس الأخير في ثلاثة تروس متصلة فيما بينها مع العلم أن الترس المدير يدور مع عقارب الساعة؟

أ) عكس عقارب الساعة.

ب) مع عقارب الساعة.

ج) لا يدور بتاتاً.

د) لا يمكن تحديد اتجاه دورانه.

7- ما البكرة الَّتي فائدتها الميكانيكيّة تساوي (2) ؟

أ) البكرة الثابتة.

ب) البكرة المتحرِّكة.

ج) البكرة المركَّبة.

د) البكرة المتحرِّكة أو البكرة المركَّبة.

السؤال الثاني: أفسِّر الأسس والأسباب الَّتي أنشأت فكرة التزييت والتشحيم.

السؤال الثالث: أوضِّح الأجزاء الَّتي تستخدم الزيوت في تزييتها.

السؤال الرابع: أذكر مواصفات الزيوت المستخدمة في التزييت؟

السؤال الخامس: أعطِ أمثلة على أنواع الزيوت.

السؤال السادس: أعطِ أمثلة على فوائد الشحمة.

السؤال السابع: أعطِ أمثلة على نظام ترقيم الشحمة.

السؤال الثامن: أوضِّح الفروقات بين الشحمة والزيت.

السؤال التاسع: أوضِّح طرق ضبط المحاذاة (Alignment) بين عمودي نقل الحركة بشكل دقيق.

السؤال العاشر: أعطِ أمثلة على استخدام وصلات الربط في المنشآت الميكانيكيّة.

السؤال الحادي عشر: أعطِ ثلاثة أمثلة على عيوب استخدام وسائل نقل الحركة بالجنازير؟

السؤال الثاني عشر: أوضِّح بالرسم كيف يتمّ ضبط شد السيور الناقل؟



تمارين عمليّة تقييمية

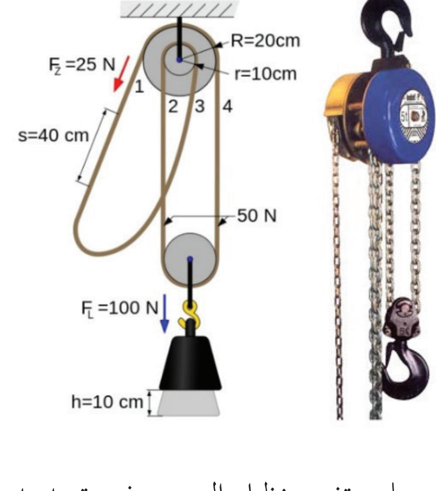
تمرين عملي (1): (زيارة ميدانيّة)

قم بوصف طريقة التشحيم:

1- نفِّذ عمل تشحيم معين.

2- صوِّر الخطوات الَّتي تقوم بها.

3- اكتب تقريراً عن ذلك.



تمرين عملي (2):

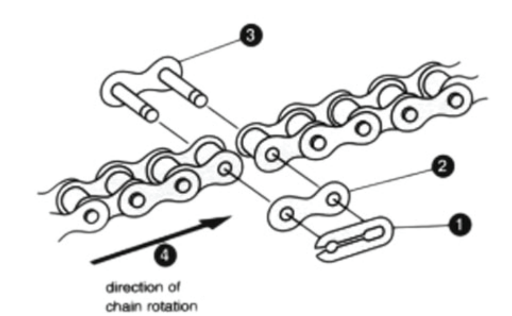
يراد استبدال النظام المبين أدناه، والمكون من نظام تعليق باستخدام البكرات إلى نظام تروس:

المطلوب: استبدال الحبل بسلسلة واستبدال البكرتين بتروس والمطلوب عمل اللازم.

تمرين عملي (3): (زيارة ميدانيّة)

زيارة مصنع بالقرب من منطقتك (مصنع دفاتر/....) يقوم بالاعتماد على تغيير نظام التروس في تحديد سرعة ماكنة ما عن طريق تغيير التروس، ومشاهدة عمليّة التغيير والاستبدال للتروس لتحقيق الهدف.

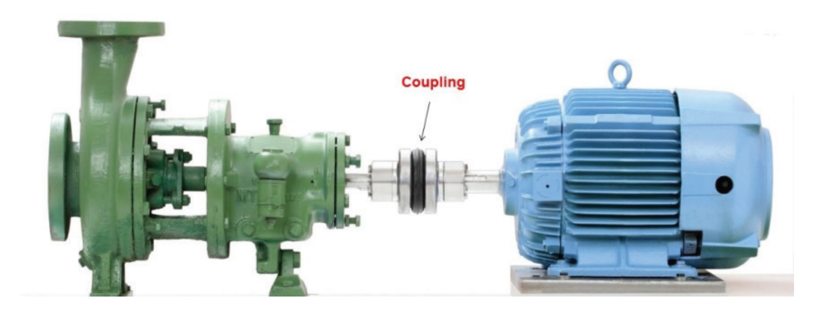
تمرين عملي (4): استبدال الحلقة المقطوعة في جنزير متوفّر في المشغل.

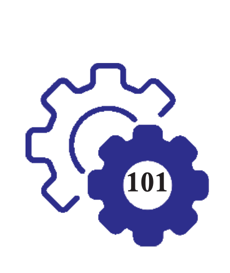


قم بتحديد الخطوات اللازمة لاستبدال القطع التالفة لجنزير تالف وإعادة إصلاحه، بالاستعانة بالشكل أدناه.

تمرين عملي (5): (زيارة ميدانيّة لمنشار حجر ورخام قريب)

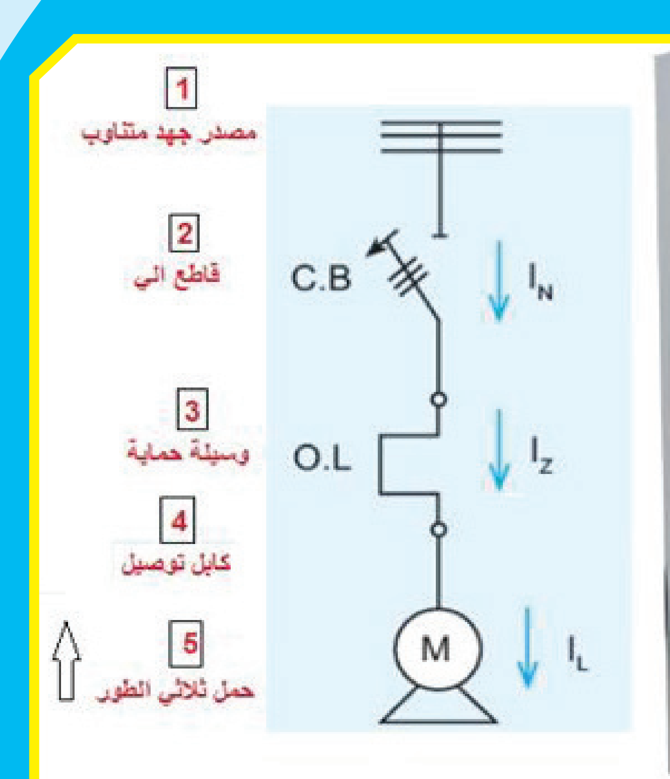
تفقَّد نظام مضخّة مياه (لمنشار حجر ورخام) يعتمد على وصلات الربط بالاستعانة بالشكل الآتي، ثمَّ اكتب تقريراً عن ذلك للمشرف.





الوحدة النمطيّة الثالثة

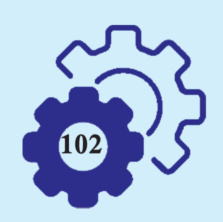
صيانة الدوائر الكهربائية الصناعيّة الأساسيَّة





أتأمل ثم أناقش:

كيف يتمّ تغذية الأحمال الكهربائيّة والتحكّم بها وحمايتها؟



يتوقع من الطلبة بعد دراسة وحدة صيانة الدوائر الكهربائية الصناعيّة الأساسيّة، والتفاعل مع أنشطتها، أن يكونوا قادرين على صيانة الدوائر الكهربائيّة الصناعيّة الأساسيَّة، وتوصيلها من مصادر الجهد إلى الأحمال في لوحات التوزيع، **وذلك من خلال تحقيق الآتي:**

1- فحص المقاومات الحراريّة لجهاز التسخين الكهربائيّ وإصلاحه.

2- تجهيز أطراف الأسلاك والكابلات المغذية للأحمال الكهربائية واختيار مساحة مقطعها.

3- اختيار وسائل الحماية والوقاية المناسبة حسب طبيعة الحمل الكهربائيّ ولوحة التوزيع المستخدمة.

4- تركيب وسائل الحماية والوقاية المناسبة في لوحات التوزيع الكهربائيّة.

5- تركيب نظام تأريض للوحات التوزيع والأحمال الكهربائيّة لمصنع.

6- تركيب نظام حارفة الصواعق لمصنع.

7- صيانة مكوّنات لوحات التوزيع وإصلاح أعطالها.

8- فحص فعالية (كفاءة) منظومة التشغيل لحمل كهربائيّ ثلاثي الطور.

الكفايات المهنيّة

الكفايات المتوقع امتلاكها من الطلبة بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة هي:

أولاً- الكفايات الحرفية، وتتمثل في القدرة على:

1- فحص المقاومات لجهاز التسخين الكهربائي واصلاح الخلل.

2- اختيار اقطار المواسير الكهربائية حسب عدد الكابلات بداخلها وطريقة التمديد المناسبة لنوع الكابلات المستخدمة.

3- قراءة جداول تحميل الكابلات الكهربائية حسب مقرراتها وطريقة تمديدها.

4- اختيار مساحة مقطع الاسلاك والكابلات المغذية للأحمال الكهربائية حسب قدرتها.

5- سحب وتجهيز اطراف الكابلات الكهربائية بالأقطار ومساحة المقطع حسب طبيعة وقيمة الأحمال المغذية لها وفحصها.

6- تركيب أجهزة الحماية والوقاية الكهربائية في اللوحات الكهربائية حسب المخططات المرفقة.

7- قراءة المخطط التنفيذي لتركيب اللوحات الكهربائية وتوزيع المكونات داخله والتعامل مع ادلة الصيانة.

8- تركيب نظام تأريض للوحات التوزيع والاحمال الكهربائية ونظام حارفة الصواعق.

9- فحص منظومة التشغيل لنظام كهربائي لتحديد فعاليته.

10- صيانة مكونات لوحات التوزيع واصلاح اعطالها.

ثانياً- الكفايات الاجتماعيّة والشخصيّة:

1- القدرة على التفكير التحليلي.

2- احترام رأي الزبون.

3- القدرة على التأمل الذاتي.

4- الثقة بالنفس والقدرة على الإقناع.

5- القدرة على تحمل النقد.

6- الالتزام بأخلاقيّات المهنة.

7- الالتزام بالوقت والمواعيد.

8- المحافظة على السلامة المهنيّة.

ثالثاً- الكفايات المنهجية:

1- التعلم التعاوني.

2- الحوار والمناقشة.

3- البحث العلمي.

4- العصف الذهني.

قواعد الأمن والسلامة المهنيّة:

1- ارتداء ملابس السلامة المهنيّة المناسبة قبل البدء في العمل (خوذة، حذاء معزول، كفوف يدويّة....).

2- استخدام الأدوات والعِدَد المناسبة.

3- الحذر عند استخدام تجهيزات قصّ وتعرية الكابلات.

4- ترتيب مكان العمل وتنظيفه بعد الانتهاء من التنفيذ.

5- يجب اختيار مدى القياس ليتناسب مع القيمة المقاسة، وعادة ما يتمّ وضع تدريج المقياس على أعلى قيمة، ومن ثمَّ يخفض مدى القياس تدريجياً؛ للحصول على أدق قياس مناسب.

6- قبل القيام بإصلاح العطل الَّذي تمّ التوصل إليه، يجب أن يتمّ معرفة سبب حدوثه؛ حتى لا يتكرَّر بعد القيام بإصلاح العنصر التالف.

1-3 الموقف التعليمي الأول: فحص المقاومات الحراريّة لجهاز التسخين الكهربائيّ وإصلاحه

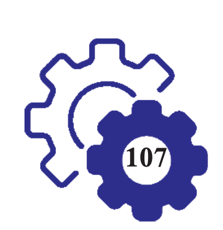
وصف الموقف التعليمي:

حضر صاحب محل لمؤسسة صيانة الآلات الصناعيّة يريد إصلاح جهاز التسخين الكهربائيّ.

العمل الكامل:

خطوات العمل	الوصف	المنهجية	الموارد
أجمع البيانات، وأُحلِّلها	• أجمع بيانات من صاحب المحل عن: – عن طبيعة المشكلة الخاصَّة بجهاز التسخين الكهربائيّ. – السؤال عمّا إذا كانت المشكلة بطئاً في التسخين، أم عدم عمل الجهاز تماما عند وصله بالكهرباء، أو الفصل المتكرر للجهاز عند وصله بالكهرباء. • أجمع بيانات عن: - مبدأ عمل السخان الكهربائيّ، وما يحتاجه من قدرة كهربائيّة (تيار وجهد). - نوع المقاومات المستخدمة وقيمتها. - طريقة توصيلها بعضها مع بعض. - فحص مُخطّط توصيل جهاز السخان الكهربائيّ (إن وجد).	• البحث العلميّ والعملي. • التعلم التعاوني/ العمل بمجموعات. • الحوار والمناقشة/ تحليل الطلب بين فريق المجموعة.	• القرطاسية. • الوثائق والمُخطّطات الخاصَّة بنوع السخان. • مواقع إلكترونيّة تعليمية موثوقة وفيديوهات.
أُخطِّط، وأُقرِّر	• أصنف البيانات (مبدأ عمل السخان، قدرته، مخطط التوصيل، طرق توصيل المقاومات وانواعها ومواصفاتها) وتبويبها. • أحدد الأدوات وأجهزة القياس الإلكترونيّة الَّتي تلزم من خلال المعلومات الَّتي وردت سابقاً. • إجراء الحسابات اللازمة لحساب تيّار السخان الكهربائيّ. • فحص سبب العطل وتحديده. • كتابة جدول يُبيِّن التكلفة لكل العمل. • تحديد جدول زمنيّ لأنهاء العمل. • الوصول إلى النتائج.	• التعلم التعاوني. • الحوار والمناقشة. • البحث العلمي.	• قرطاسيّة. • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام. • نموذج تقدير التكاليف. • الشبكة العنكبوتيّة.

أُنفّذ	• استخدام أدوات السلامة المهنيّة اللازمة وفقاً للمعايير الفنيَّة وأنظمة السلامة ذات الصلة. • استخدام الأدوات والعِدَد اللازمة للعمل: – فك جهاز السخان الكهربائيّ باستخدام الأدوات المناسبة. – تحديد مكوّنات جهاز السخانة الكهربائيّ. – اتّباع المُخطّطات الكهربائيّة الخاصَّة بالجهاز إن وجدت. – استخدام أجهزة القياس الإلكترونيّة لفحص الخلل في المقاومات. – تحديد العنصر التالف واستبداله بنفس المواصفات. – إعادة تجميع الجهاز بالصورة الصحيحة.	• التعلم التعاوني. • الحوار والمناقشة. • العصف الذهني.	• أدوات السلامة المهنيّة • صندوق عدة كامل. • جهاز متعدد القياس (DMM). • مقاومات حراريّة مختلفة القدرة. • جهاز تسخين كهربائيّ. • المُخطّطات الكهربائيّة.
أتحقَّق	• إعادة التحقق من كلّ العمليّات السابقة: • التأكّد من مراعاة إجراءات السلامة المهنيّة. • التأكّد من تجميع أجزاء الجهاز بالصورة الصحيحة. • إعادة تشغيل الجهاز بعد وصله بالكهرباء. • التحقّق من جودة عمل الجهاز بعد الانتهاء.	• النقاش والحوار. • العمل الجماعي. • العصف الفكري.	• قرطاسية. • المُخطّطات الكهربائيّة للجهاز. • تعليمات السلامة المهنيّة. • معايير الجودة والمواصفات. • لاصق تقرير يُبيِّن اسم الزبون وبياناته وتكلفة الإصلاح.
أُوثِّق، وأقدم	• إنشاء قوائم خاصَّة بالأجهزة والقطع المستخدمة أو المستبدلة بالعمل. • تسليم قوائم العمل لمسؤول الصيانة. • تقديم تقرير مفصل عن التكلفة.	• النقاش والحوار. • مجموعات العمل. • عرض تقديمي.	• جهاز حاسوب. • جهاز عرض. • اقلام وقرطاسية.
أُقوم	• رضى صاحب المحل بما يتفق مع طلبة. • المطابقة مع المواصفات والمعايير.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي.	• نماذج التقييم. • طلب الزبون.



الأسئلة:

1- أفسِّر مفهوم كلّ من الجهد الكهربائيّ والتيّار والمقاومة.

2- أوضِّح أوجه الاختلاف ما بين الجهد المستمرّ والجهد المتناوب.

3- أعطِ أمثلة على أنواع المقاومات الخاصَّة، ثمَّ أحضر عيِّنات منها.

4- أقارن بين نتيجة توصيل ثلاثة مقاومات على التوالي، ومن ثمَّ توصيلهم على التوازي من ناحية:

أ- قيمة المقاومة المكافئة.

ب- قيمة الجهد على كلّ مقاومة.

ج- التيّار المار في كلّ مقاومة.

د- القدرة المستهلكة في كلّ حالة.

أتعلّم:

أولاً- الكميات الكهربائيّة الأساسيَّة وأجهزة القياس الكهربائيّة:

نشاط: بالتعاون مع زملائك كوّن جدولاً يُبيِّن دلالات الأرقام في الشكل المجاور، وما يمثّلها من كميات كهربائيّة مختلفة، يمكن قياسها باستخدام جهاز القياس الكهربائيّ متعدد الأغراض (DMM)؟



1- الكميات الكهربائيّة الأكثر استخداماً في مجال الصيانة:

يوضِّح الجدول (1) وحدات ورموز الكميات الكهربائيّة الأكثر استخداماً في مجال الصيانة الصناعيّة.

جدول (1): وحدات ورموز الكميات الكهربائيّة الأساسيَّة

الكمِّيَّة الكهربائيّة	الرمز	وحدة القياس	رمز الوحدة	مضاعفات الوحدة وأجزاؤها	جهاز القياس
الجهد **Voltage**	V	فولت Volt	V	كيلوفولت = KV ميلي فولت = mV	الفولت ميتر
التيّار **Current**	I	أمبير Ampere	A	ميلي أمبير = mA ميكرو أمبير = µA	الأميتر
المقاومة **Resistance**	R	أوم Ohm	Ω	كيلو أوم = K Ω ميجا أوم = M Ω	الأوميتر
المكثف **Capacitance**	C	فاراد Farad	F	ميكرو فاراد = mF نانو فاراد = µF	جهاز (LCR)
الملف **Induction**	L	هنري Henry	H	ميلي هنري = mH ميكرو هنري = µH	جهاز (LCR)
الشغل/ الطاقة **Work**	W	واط. ثانية W.S	KWH	واط. ساعة = WH كيلوواط. ساعة = KWH	العدّاد الكهربائيّ
القدرة الكهربائيّة **Power**	P	واط/ حصان Watt\Horse	W\Hp	واط = W كيلوواط = KW حصان = Hp	الواط ميتر
التردد **Frequency**	F	هيرتز Hertz	Hz	كيلوهيرتز = KHz ميجا هيرتز = MHz	ساعة التردد
الزمن الدوري **Period Time**	T	ثانية Second	Sec	ميللي ثانية = msec	الأوسليسكوب
معامل القدرة **Power Factor**	Cosθ	-------	---------	----------------	جهاز قياس معامل القدرة

2- أجهزة القياس الإلكترونيّة:

مع التطور السريع في صناعة أجهزة القياس، تمّ تصنيع نوعية من أجهزة القياس الَّتي تقوم بوظائف قياس إضافية (غير قياس الكميات الأساسيَّة، وهي الجهد والتيّار والمقاومة) مثل قياس السعة للمكثف، والمحاثّة للملف، وفحص صلاحية الثنائي والترانزستور، وكذلك قياس التردد والحرارة والاستمرارية...إلخ، وقد أطلق عليه اسم جهاز متعدد القياس (DMM) اختصاراً لـ (Digital Multi Meter).



الشكل (1): جهاز قياس تماثلي

وتقسم أجهزة القياس الإلكترونيّة بشكل عام إلى قسمين:

أ- أجهزة قياس تماثلية (Analog Multimeters)، ذات مؤشر: وتستخدم على نطاق ضيق هذه الأيام؛ وذلك لحلول الأجهزة الرقميَّة بدلاً عنها، كما في الشكل (1).



الشكل (2) جهاز قياس رقمي

ب- أجهزة قياس رقميَّة (Digital Multimeter - DMM): ذات شاشة عرض صغيرة الحجم، وتستعمل على نطاق واسع؛ لسهولة استخدامها ولرخص ثمنها ودقتها، كما في الشكل (2).

ويوضِّح الشكل (3) أجزاء ومكوّنات ودلالات رموز أحد أجهزة القياس الكهربائيّة القياسيّة والقيم الَّتي يقيسها.



شكل (3): أجزاء ودلالات ورموز جهاز القياس (DMM)



ثانياً- مفهوم الجهد الكهربائيّ (Voltage - V):

الجهـد الكهربائـيّ: قـوة خارجيّـة مؤثـرة تجبـر الإلكترونـات الحـرة علـى التحـرك فـي موصـل باتجـاه معيـن، وبالتالـي هـي المسـبِّب لسـريان التيّـار الكهربائـيّ، وتقـاس بوحـدة الفولـت، ورمزهـا (V).

ويمكـن الحصـول علـى هـذه القـوة المؤثـرة مـن مصـادر جهـد كهربائيّـة مختلفـة، منهـا: البطاريـات، والمولـدات الكهربائيّة، كذلـك مـن الممكـن أن تدعى بمسـميات عديدة منهـا: الفولتية، وفـرق الجهـد، أو الجهـد فقـط، كمـا تدعى في كثير من الأحيان القوة الدافعة الكهربائيّة، كمـا هـو الحال عنـد استخدام البطاريـات مصـدراً للجهـد للمستمرّ.

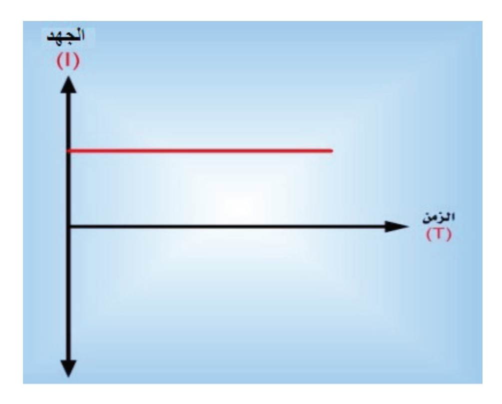
1- أنواع الجهد الكهربائيّ:

أ- الجهد المستمرّ (DC):

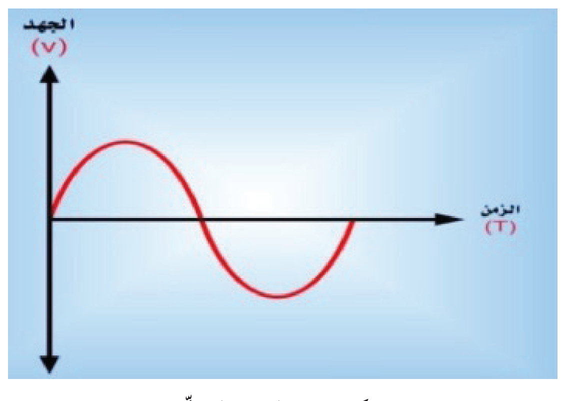
وهـو جهـد ثابـت القيمـة والاتجـاه مـع تغيـر الزمـن، ويمكـن الحصـول عليـه مـن البطاريـات والخلايـا الشمسـية ومصـادر القـدرة المسـتمرّة، ويرمـز لـه بالرمـز (⎓)، الشـكل (4).

ب- الجهد المتردِّد/ المتغيِّر (AC):

وهـو جهـد متغيـر القيمـة والاتجـاه مـع تغيـر الزمـن، ويمكـن الحصـول عليـه مـن مولِّـدات التيّـار المتـردد، وتُعـدّ الكهربـاء الواصلـة للمنـازل جهـد متـردد. ويرمـز لـه بالرمـز (~)، الشـكل (5).



شكل (4): الجهد المستمرّ

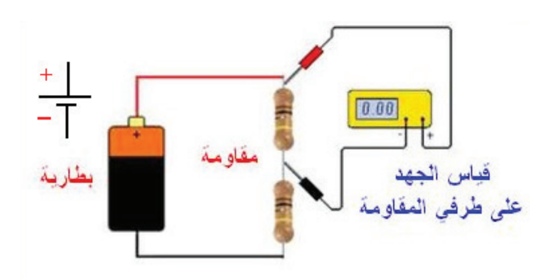


شكل (5): الجهد المتردِّد



2- جهاز قياس الجهد الكهربائيّ:

يقاس فرق الجهد في الدارات الكهربائيّة بجهاز يدعى الفولت ميتر، ويرمز له بدائرة بداخلها الحرف (**V**)، ويتم توصيل جهاز الفولت ميتر على التوازي مع الحمل أو المصدر المراد قياس فرق الجهد بين طرفيه، وذلك بعد تحديد نوع مصدر الجهد المُغَذّي لهذا الحمل سواء أكان متردداً (**AC**)، أم مستمرّاً (**DC**) ؛ وذلك لمعايرة الجهاز، كما في الشكل (6).





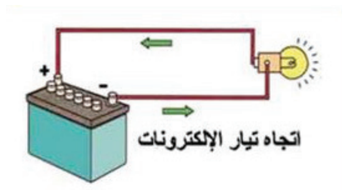
الرمز الكهربائيّ لجهاز قياس فرق الجهد المستمرّ

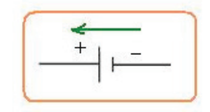
شكل (6): جهاز الفولت ميتر متَّصل على التوازي مع المقاومة لقياس الجهد ورمزه الكهربائيّ

ثالثاً- مفهوم التيّار الكهربائيّ (Current - I):

التيّار الكهربائيّ: هو كمِّيَّة الشحنة الكهربائيّة الّتي تعبر مقطعاً معيناً في الموصل خلال وحدة الثانية، وهو ما يعبَّر عنه رياضياً بمعدَّل تدفُّق الشحنة الكهربائيّة، أو بشدة التيّار الكهربائيّ، وتقاس بوحدة الأمبير، ورمزها (A).

إن حركة الإلكترونات عبر الموصل من الطرف السالب للبطّاريَّة باتجاه الطرف الموجب لها تدلّ على اتجاه سريان التيّار الكهربائيّ في البطّاريَّة (اصطلاحاً)، الشكل (7).





شكل (7) : اتجاه مرور التيّار المستمرّ في البطّاريَّة ورمزها

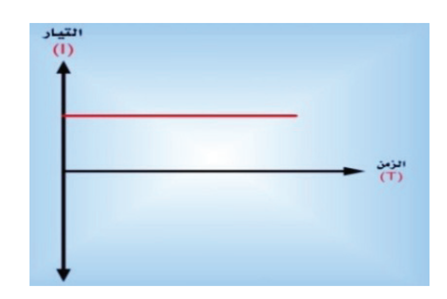
1- أنواع التيّار الكهربائيّ:

أ- التيّار المستمرّ (DC):

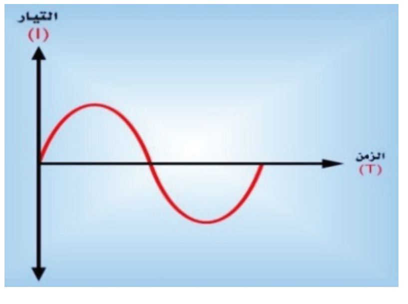
وهو تيّار ثابت القيمة والاتجاه مع تغير الزمن، ويمكن الحصول عليه من البطاريات والخلايا الشمسية ومولدات التيّار المستمرّ ومصادر القدرة المستمرّة، ويرمز له بالرمز (═══)، الشكل (8).

ب- التيّار المتردد/ المتغيّر (AC):

وهو تيّار متغير القيمة والاتجاه مع تغير الزمن، ويمكن الحصول عليه من مولدات التيّار المتردد، ومصادر القدرة المترددة، ويرمز له بالرمز (~)، الشكل (9).



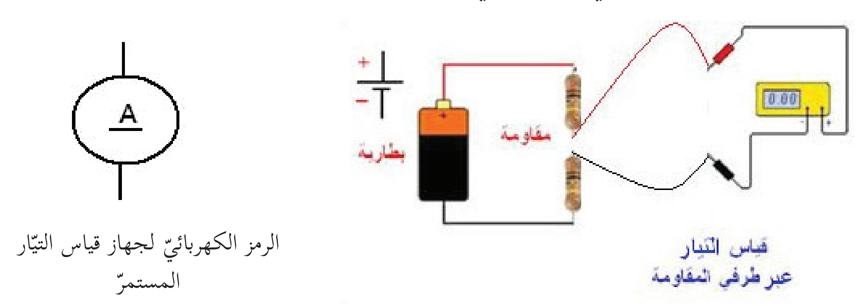
شكل (8): التيّار المستمرّ



شكل (9): التيّار المتردد

2- جهاز قياس التيّار الكهربائيّ:

يقاس التيّار الكهربائيّ بجهاز يدعى الأميتر، ويرمز له بدائرة، وبداخلها حرف (A)، ويجب أن يتمّ توصيله مع الحمل المراد قياس تياره على التوالي، كما في الشكل (10).



الرمز الكهربائيّ لجهاز قياس التيّار المستمرّ

شكل (10): جهاز الأميتر متصل على التوالي مع المقاومة لقياس التيّار المستمرّ ورمزه الكهربائيّ

رابعاً- العناصر الأساسيّة للدوائر الكهربائيّة:

وتشمل المقاومة، والمكثّف، والملف. وسيتم التركيز في هذه المرحلة على المقاومة الكهربائيّة وأنواعها الأكثر شيوعاً.

1- مفهوم المقاومة الكهربائيّة (Resistors -R):

المقاومة الكهربائيّة: هي إعاقة سريان التيّار الكهربائيّ عبر الموصلات، ويرمز للمقاومة الكهربائيّة بحرف (R)، وتقاس بوحدة الأوم، أو مضاعفاتها ورمزها (Ω)، ويرمز للمقاومة بالرمز (—⋀⋀⋀—)



2- أنواع المقاومات الكهربائيّة:

تقسم المقاومات الكهربائيّة إلى عدة أنواع، وهي:

أ- مقاومات ثابتة القيمة:

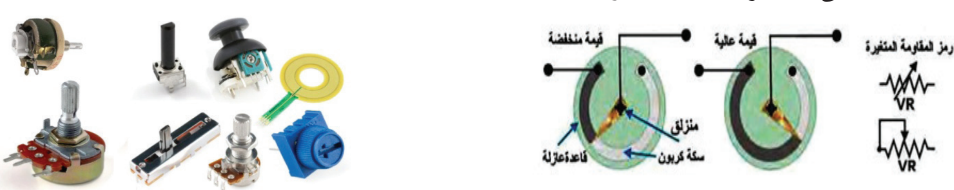
وهي المقاومة الَّتي لها قيمة ثابتة لا تتغير، وتكون هذه القيمة مكتوبة عليها بشكل مباشر (أرقام) أو غير مباشر (ألوان)، أو يتمّ قياسها باستخدام جهاز قياس المقاومة (الأوم ميتر)، ومنها أنواع مختلفة، شكل (11):



شكل (11): أنواع مختلفة من المقاومات الثابتة

ب- مقاومات متغيرة القيمة:

وهي عبارة عن مقاومات مصنوعة كما العادية الكربونية والسلكية، ولكن السطح المقاوم يكون مكشوفاً، ويمر عليه منزلق، وتكون بثلاثة أطراف، بحيث إنّ نهايتين منهم تمثلان قيمة المقاومة، والثالث للحصول على قيم مختلفة، حيث يمكن تغيير قيمتها بواسطة المنزلق من الصفر تقريباً وحتى القيمة القصّوى لها، ويُبيِّن الشكل (12) أنواعاً مختلفة من المقاومات المتغيِّرة.



شكل (12): أشكال مختلفة من المقاومات المتغيِّرة المختلفة

نشاط: احصل على مقاومة متغيرة، وقم بفحصها والتأكّد من صلاحيتها، وقياس قيمتها باستخدام جهاز (DMM) ؟ كوِّن جدولاً بنتيجة الفحص؟

ج- المقاومات الخاصَّة:

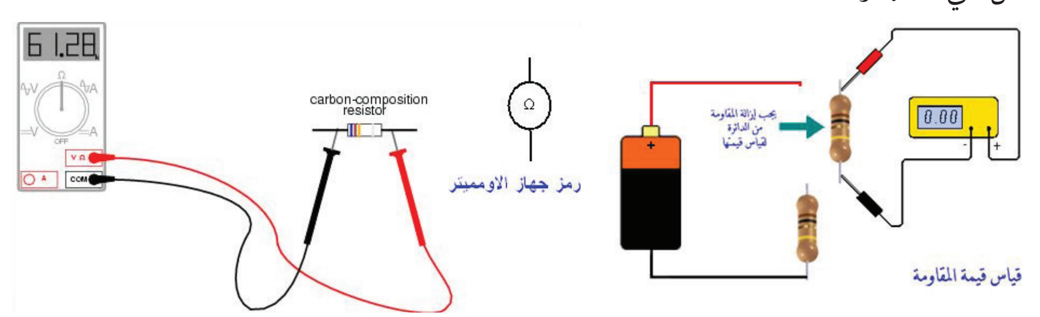
هناك مقاومات خاصَّة تصنع من موادّ خاصَّة لتلائم تطبيقات عمليّة معيَّنة في الدارات الكهربائيّة والإلكترونيّة، وسوف يتمّ التطرق لها لاحقاً.

3- قياس المقاومة الكهربائيّة:

تقاس المقاومة الكهربائيّة بجهاز (DMM)، أو بجهاز الأميتر، ويرمز له بالرمز (R).

قواعد استخدم جهاز قياس المقاومة (الاوميتر):

- يجب قياس قيمة المقاومة بعد فصل مصدر الطاقة (الدارة مفتوحة) عن الدارة الكهربائيّة، وفصل أحد طرفي المقاومة عن اللوحة.
- يجب اختيار مدى القياس (Ω أو KΩ أو MΩ) ليتناسب مع قيمة المقاومة، وعادة ما يتمّ وضع تدريج المقياس على أعلى قيمة، ومن ثمَّ يخفض مدى القياس تدريجياً للحصول على أدق قياس مناسب لقيمة المقاومة، كما هو مبين في الشكل (13).
- إن قياس قيمة مقاومة يُعدّ من أهم القياسات الَّتي تؤدي إلى كشف أعطال معظم المُعَدّات الكهربائيّة، كفحص صلاحية محول كهربائيّ، أو محرِّك كهربائيّ....إلخ، حيث تدلّ قراءة الجهاز لقيمة معينة على صلاحية ذلك الجهاز من عدمه، حيث إنّه عند قراءة الجهاز لقيمة الصفر مثلاً، فإن ذلك يدلّ على قصر دارة مثلاً، أما قراءة الجهاز لقيمة كبيرة جداً فإنَّ ذلك يدلّ على وجود دارة مفتوحة، وبالتالي عطل في الجهاز.



الشكل (13): قياس قيمة مقاومة بتوصيل أطراف الجهاز مع طرفي المقاومة مباشرة ورمزه

نشاط: اكتب تقريراً عن أنظمة الترميز للمقاومات ذات الألوان.

4- المواصفات الفنِّيَّة للمقاومات:

وهي المواصفات الَّتي يجب أن تراعى عند استخدام أو استبدال أي مقاومة في دارة كهربائيّة:

- **قيمة المقاومة:** حيث تعبر عن القيمة المطلوبة بالأوم، أو الكيلو أوم، أو الميجا أوم.
- **معامل درجة الحرارة:** حيث تعبر عن التغير في قيمة المقاومة نتيجة تغير ارتفاع درجة حرارتها.
- **الاستقرار:** ويقصد به التقلب في قيمة المقاومة الَّذي يحصل تحت ظروف معينة وخلال فترة زمنيّة محدّدة، وهو يُعدّ من الأعطال صعبة الاكتشاف.

- **القـدرة:** حيـث تعبـر عـن القـدرة القصّـوى للمقاومـة التـي تسـتطيع أن تبدِّدهـا، وتصنـع المقاومـات الكربونيـة مثلاً بمقـررات قـدرة تتـراوح مـا بيـن (0.25، 0.5، 1، 2 W)، أو أعلـى إذا كانـت سـلكية حراريّـة، الشـكل (14).

R1=025W R2=0.5W
R3=1W 2 W

شكل (14): مقاومات كربونية ذات قدرات مختلفة

5- حساب قيمة مقاومة موصل لسلك:

تعتمد قيمة مقاومة الموصلات (Wires) على الآتي:

- طول الموصل (Length)، ويرمز له بالرمز (L).
- مساحة المقطع (Cross-section Area)، ويرمز لها بالرمز (A).
- نوع المادة (المقاومة النوعية) (Material)، ويرمز لها بالرمز (ρ)، وتعطى عند درجة حرارة ثابتة.
- درجة الحرارة (Temperature)، ويرمز لها بالرمز (T).
- من هذه العوامل يمكن تحديد قيمة مقاومة الموصل كما يلي: $R = \frac{\rho L}{A}$

حيث إنّ:

R	المقاومة الكهربائيّة (Resistance) وتقاس بالأوم (Ω) .
ρ	المقاومة النوعية وتقاس بالأوم. ملم²/ متر ($\Omega . mm^2 \backslash m$).
L	الطول (Length)، وتقاس بالمتر (m).
A	مساحة المقطع (Cross-Section Area)، وتقاس بالمتر المربع (mm^2).

مثال (1):

موصـل مـن النحـاس مسـاحـة مقطعـه ($1.5mm^2$)، وطـول الموصـل (100) متـر احسـب مقاومتـه عنـد درجـة حـرارة قيمتهـا (20 درجـة)، إذا كانـت المقاومـة النوعيـة لموصـلات النحـاس تسـاوي ($0.0178\ \Omega . mm^2 \backslash m$)؟

الحل:

تحسب قيمة مقاومة الموصل (R) من المعادلة:

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{0.0178 \times 100}{1.5} = 1.18\Omega$$



6- توصيل المقاومات:

أ- توصيـل تـوالٍ (Series): وفيه يتمّ توصيل المقاومات بصورة متتالية (يتصل الطرف الثاني للمقاومة الأولى مع الطرف الأول للمقاومة الثانية)، والغرض من ذلك الحصول على مقاومة كبيرة.

ب- توصيـل تـوازٍ (Parallel): وفيه يتمّ توصيل أطراف المقاومات بالتوازي (الواحدة مقابل الأخرى)، والغرض من ذلك الحصول على مقاومة صغيرة من مجموعة من المقاومات الكبيرة.

ج- توصيل مركب (Compound): يكون فيه الجمع بين التوصيل على التوالي والتوصيل على التوازي، ويلجأ إليه عندما يكون من الضروريّ، توفير قيم مختلفة من التيّار الكهربائيّ، ومن الجهد الكهربائيّ، من مصدر تغذية كهربائيّ واحد.

والجدول التالي يُبيّن بعض من العناصر الأساسيَّة (المقاومة، والمكثّف، والملفّ) ومفهوم كلّ منها، وطريقة توصيل عدد من كلّ عنصر بعضها بعضاً، ووجه التشابه والاختلاف عند الحصول على القيم المكافئة لها:

وجه المقارنة	توصيل التوالي	توصيل التوازي
المقاومة	هي العنصر الَّذي يقوم بإعاقة مرور التيّار (أي يقلّل من شدته).	
الدائرة المكافئة	(أ) الدارة الكهربائية (ب) الدارة المكافئة	(أ) الدائرة الكهربائية (ب) الدائرة المكافئة
المقاومة المكافئة	$R_T = R_1 + R_2 + R_3$	$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
الجهد	$V_T = V_1 + V_2 + V_3$	$V_T = V_1 = V_2 = V_3$
التيّار	$I_T = I_1 = I_2 = I_3$	$I_T = I_1 + I_2 + I_3$
المكثّف	هو عنصر كهربائيّ يقوم بتخزين الطاقة الكهربائيّة في أثناء عمليّة الشحن، على شكل مجال كهربائيّ، وإطلاقها في عمليّة التفريغ.	
الدائرة المكافئة		
السعة المكافئة	$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$	$C_T = C_1 + C_2$



الملف	عبارة عن سلك موصل، ملفوف حول قلب حديدي أو هوائي، عند مرور التيّار فيه فإنه يتحول إلى مغناطيس، أي يولّد خطوط قوة مغناطيسية.	
الدائرة المكافئة	L_1 L_2 L_3 L_t	L_1 L_2 L_3 L_t
المفاعلة الحثّيّة المكافئة	$L_T = L_1 + L_2 + L_3$	$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$

خامساً- قانون أوم (Ohm's La):

قام العالم الألماني جورج أوم بتوضيح العلاقة الَّتي تربط كلّاً من التيّار والجهد والمقاومة كما يلي:

$$V = I \times R$$

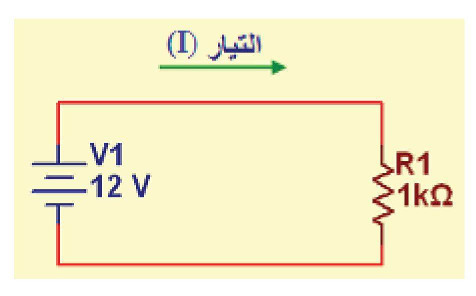
ويمكن التعبير عن نص قانون أوم بما يلي:

قانون أوم: تتناسب شدة التيّار الكهربائيّ المار في موصل تناسباً طردياً مع فرق الجهد على طرفي الموصل، وعكسياً مع قيمة مقاومته.

ويمكن التعبير رياضياً عن هذه العلاقة بأشكال عدة، وذلك تبعاً لما هو مجهول كما يلي:

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{أو} \quad R = \frac{V}{I}$$

ولحساب التيّار المار في المقاومة المبينة في الدائرة الكهربائيّة البسيطة المبينة في الشكل (15)، فإننا نستخدم العلاقة المبينة أدناه، حيث إنّ قيمة المقاومة وفرق الجهد معلومان.



شكل (15): دائرة كهربائية بسيطة

وبالتالي فإنَّ حاصل قسمة الجهد على المقاومة بالأوم:

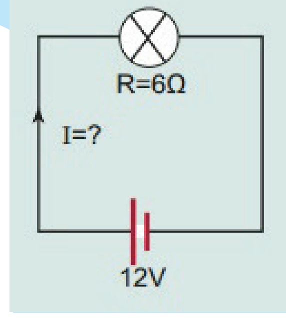
$$I = \frac{12}{1000} = (12\ mA)$$



أمثلة على استخدام قانون أوم:

مثال (2): مصباح سيارة يعمل ببطّاريَّة قوتها الدافعة الكهربائيّة (12VDC)، فإذا كانت مقاومة المصباح (6Ω)، احسب شدة التيّار المار في هذا المصباح؟

الحل:



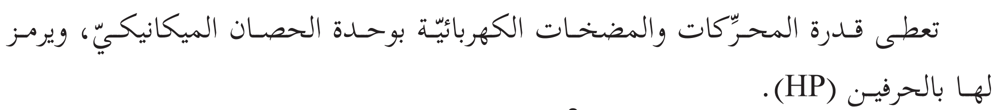
$V = 12V \qquad R = 6\Omega \qquad I = ??$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12}{6} = 2A$$

سادساً- القدرة والطاقة الكهربائيّة (Electrical Power And Energy):

القـدرة: مقدار الشغل المبذول خلال ثانية واحدة، ووحدة قياس القدرة «الواط» نسبة للعالم جيمس وات، الَّذي اخترع الآلة البخارية، ويرمز للواط بالرمز (W).

في الدارة الكهربائيّة المبينة في الشكل (16)، يبذل مصدر الجهد شغلاً في تحريك الإلكترونات (التيّار) عبر أجزاء الدارة، ويسمى معدل الطاقة الكهربائيّة المستهلكة في دفع التيّار الكهربائيّ عبر أجزاء الدارة القدرة الكهربائيّة، ويرمز لها بالحرف (P). وتقاس بوحدة الواط، ويستخدم الكيلو وات كوحدة عمليّة لقياس القدرة، وهو يساوي (1000W)، ويرمز له بالرمز (KW).



تعطى قدرة المحرِّكات والمضخات الكهربائيّة بوحدة الحصان الميكانيكيّ، ويرمز لها بالحرفين (HP).

$$1HP = 746W \approx \frac{3}{4}\ KW$$

شكل (16): استهلاك الطاقة الكهربائيّة عن طريق المصباح

وبما أن الجهد يمثّل القوة، والتيّار يمثّل الحركة، فإنَّ القدرة الكهربائيّة تساوي حاصل ضرب الجهد بالتيّار على النحو التالي:

القدرة = التيّار × الجهد

$$P = I \times V$$

ويمكن التعبير رياضياً عن هذه العلاقة بأشكال عدة، وذلك تبعاً لما هو مجهول كما يلي:

$$P = I^2 \times R \qquad P = \frac{V^2}{R}$$



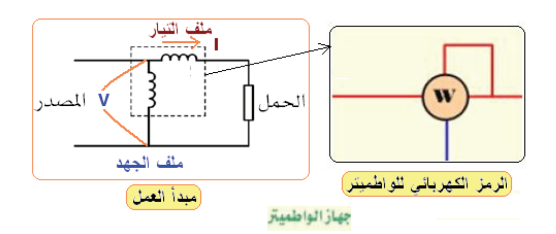
1- جهاز قياس القدرة الكهربائيّة:

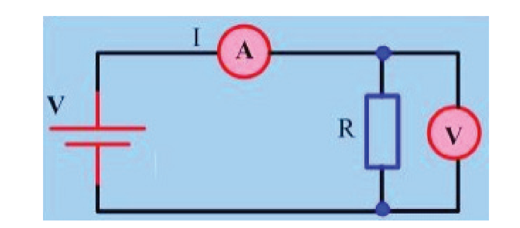


شكل (17): جهاز الواط ميتر

تقاس القدرة الكهربائيّة بجهاز الواط ميتر، ويستخدم هذا الجهاز لقياس القدرة الفعّالة في دارات التيّار المتناوب والمستمرّ، وهو يتكوّن من ملفين: ملف يوصل بالتوازي مع العنصر المراد قياس القدرة به لقياس الجهد، والملف الآخر يوصل بالتوالي لقياس التيّار، كما في الشكل (17).

كما يمكن قياس القدرة باستخدام جهاز فولت ميتر وجهاز أميتر للحصول على قيمة الجهد والتيّار، حيث حاصل ضربهما هي القدرة، كما في الشكل (18).





شكل (18): مكوّنات جهاز الواط ميتر ومبدأ عمله ورمزه

والأجهزة الكهربائية الأكثر استهلاكاً للطاقة الكهربائية هي الأجهزة ذات القدرة العالية مثل أجهزة التسخين والتدفئة وتكييف الهواء، والجدول (1) يوضح قدرة بعض الأجهزة الشائعة الاستخدام في الحياة العملية.

جدول (1): القدرة الكهربائية للأجهزة المنزلية شائعة الاستخدام

الجهاز	القدرة
الثلاجة المنزلية	(300W)
المدفئة الكهربائية	(2200W)
الأفران الكهربائية	(3000W)
جهاز التلفاز	(80W)

2- الطاقة الكهربائيّة (Energy):

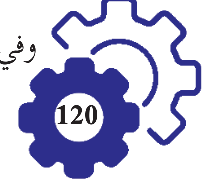
تعرف الطاقة الكهربائيّة بأنها القدرة مضروبة في وحدة الزمن وتقاس بوحدة الجول، وبالنسبة للمهندسين فإنَّ الطاقة تعبر عن القدرة على إنجاز العمل في دائرة أو في نظام ما.

وبالتالي فإن:

الطاقة = القدرة × الزمن = التيّار × الجهد × الزمن

Energy = Power (KW) × Time (Hour)

وفي التركيبات الكهربائيّة المختلفة عادة ما تقاس الطاقة الكهربائيّة بالكيلو وات.ساعة (KW.h).



مثال (3):

تم تشغيل سخان كهربائي لمدة (40) دقيقة، وسحب تيّار مقداره (15A) من مصدر جهد قيمته (200VDC)، احسب الطاقة المستهلكة خلال فترة تشغيله.

الحل:

Power = V × I

Power = 200V × 15A = 3000 W = 3 KW

$$\textbf{Energy = Power (KW)} \times \textbf{Time (Hour)} = 3KW \times \frac{40}{60} h = 3 \times \frac{2}{3} = 2KW.h$$

وبالتالي فإنَّ السخان الكهربائي يستهلك ما مقداره (2KW) في فترة ثلثي ساعة.

مثال (4):

يمكن توصيل مقاومتين قيمة كل منها (50Ω) بمصدر جهد (200VDC)، احسب القدرة الكهربائية المستهلكة من المقاومتين في حال توصيلهما:

1- على التوالي　　2- منفردات　　3- على التوازي

الحل:

1- في حال توصيل المقاومتين على التوالي، فإنَّ المقاومة المكافئة لهما تكون:

$$R_T = R_1 + R_2 = 50 + 50 = 100\Omega$$

وبالتالي فإنَّ القدرة المستهلكة منهما تساوي:

$$\text{Power} = \frac{V^2}{R_T}(W) = \frac{200^2}{100} = 400W$$

2- في حال وصلت كل منهما منفردة، فإنَّ القدرة المستهلكة في كل منهما تساوي:

$$\text{Power} = \frac{V^2}{R_T}(W) = \frac{200^2}{50} = 800W$$

3- في حال وصلت كلتا المقاومتين على التوازي، فإنَّ المقاومة المكافئة لهما تساوي:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{50} + \frac{1}{50} = \frac{2}{50}\Omega$$

$$R_T = \frac{50}{2} = 25\Omega$$

وبالتالي فإنَّ القدرة المستهلكة في هذه الحالة تساوي:

$$\text{Power} = \frac{V^2}{R_T}(W) = \frac{200^2}{25} = 1600W$$

الخلاصة (الاستنتاج): كما تلاحظ من المثال السابق، فإنَّ طريقة توصيل المقاومتين تؤثر في قيمة القدرة المستهلكة منهما، ويمكن استخدام هذا المثال بطريقة عمليّة في فهم كيفية عمل جهاز تسخين متعدد درجات الحرارة لعمليّة الطبخ مثلاً.

تحسب الطاقة الكهربائية المستهلكة بمعرفة قدرة الأجهزة الكهربائية وزمن استخدامها، حيث أن:

الطاقة = القدرة × الزمن

حيث تقدر الطاقة بالكيلوواط.ساعة (KWh)، حيث تعطى القدرة بالكيلوواط والزمن بالساعة.

3- حساب ثمن الطاقة الكهربائية:

إن ثمن الطاقة الكهربائية يمكن أن يعطى بالعلاقة التالية:

ثمن الطاقة الكهربائية = القدرة (كيلو واط) × الزمن (ساعة) × ثمن الوحدة (قرْش)

مثال (5): **مدفأةٌ كهربائية قدرتُها (2000W)، يتم تشغيلُها (10) ساعات يومياً، احسبْ ثمن الطاقة الكهربائية التي تستهلكُها في مدة شهر. (افترض أنَ ثمن الكيوواط. ساعة 6 قروش)**

الحل:

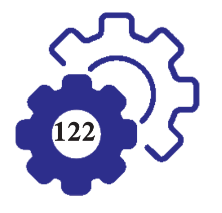
القدرة (P) = (2000W) = (2KW)

الزمن = 10 × 30 = 300 ساعة

إذن ثمن الطاقة الكهربائية = القدرة (كيلو واط) × الزمن (ساعة) × ثمن الوحدة (قرش)

= 2 × 300 × 6

= 3600 قرش = 36 دينار



2-3 الموقف التعليمي الثاني: تجهيز أطراف الأسلاك والكابلات المغذية للأحمال الكهربائية واختيار مساحة مقطعها

وصف الموقف التعليمي:

حضر صاحب مصنع بلاستيك إلى مؤسسة صيانة الآلات الصناعيّة يريد توصيل مصدر التغذية الكهربائيّة لماكينة جديدة في مصنعه حسب الأصول.

العمل الكامل:

خطوات العمل	الوصف	المنهجية	الموارد
أجمع البيانات، وأُحلِّلها	• أجمع بيانات من صاحب المصنع عن: - نوع الآلات، وعددها، ومكان تركيبها، وتوزيعها، ومصادر الجهد المتوفّرة في المصنع. • أجمع بيانات عن: - ما تحتاجه الماكينات من قدرة كهربائيّة. - الكوابل الكهربائيّة والكودة العالميّة للكوابل. - العلاقات الكهربائيّة الرياضية البسيطة المستخدمة في حسابات الأحمال الكهربائيّة بأنواعها. - طرق تمديد الكوابل الكهربائيّة المتاحة في السوق المحلي. - ما هو متوفّر في السوق المحلي من كوابل وصلات أطراف الكوابل وأدوات تعريتها. - وسائل الحماية الشخصيّة والفنِّيَّة. - إرشادات السلامة المهنيّة الخاصَّة بالعمل.	• التعلم التعاوني. • مناقشة وبحث وتحليل الطلب. • البحث العلمي/ الخروج لموقع المصنع ومعاينته.	• قرطاسية. • أوراق للتوثيق. • كتالوجات الماكينات وطريقة تمديدها حسب المطلوب. • مواقع إلكترونيّة تعليمية موثوقة تتعلق بحساب الأحمال الكهربائيّة.
أُخطِّط، وأُقرِّر	• أصنف جميع البيانات الَّتي تمّ جمعها (القدرة الكهربائية، كودات الكوابل واختيار مقرراتها، العلاقات الرياضية، اقطار المواسير، قياسات نعل الكابلات ، قياسات جلب النهايات...) وتبويبها.	• التعلم التعاوني. • النقاش والحوار لاختيار الحل الأمثل.	• القرطاسيّة. • الوثائق (كتالوجات الكوابل وأنوعها، المُخطّطات الكهربائيّة الخاصَّة بتمديد الكابلات، جداول الأنابيب وسعتها.

	• أحدد الأدوات والتجهيزات اللازمة للقيام بالعمل. • إجراء الحسابات اللازمة للأحمال الكهربائيّة الكلّيّة وتوثيق هذه الحسابات واختيار الكابل الخارجيّ للمصنع. • رسم مُخطّط لموقع الماكينات داخل المصنع حسب تسلسل عمليّة الإنتاج وطريقة تمديد الكوابل. • اختيار مقطع وطول الكابل المناسب لكل ماكينة حسب جداول التحميل. العالميّة أو مواقع إنترنت متخصصة. • اختيار نهايات الكوابل المناسبة (كابل شوز) حسب مقطع الكابل. • اختيار أدوات تعرية الكابلات وطريقة تثبيتها. • إعداد الرسومات لتنفيذ العمل. • إعداد جداول بنوع الكوابل اللازمة وأطوالها حسب موقع الكابل. • إعداد جداول التكلفة لتنفيذ المهمة. • تحديد جدول زمنيّ لإنهاء العمل. • تحديد شروط السلامة المهنيّة المناسبة قبل العمل وأثناءه وبعده.		• جداول تحمل الكابلات الكهربائيّة ومقرراتها). • جدول العِدَد والأدوات المناسبة للعمل. • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام. • نموذج تقدير التكاليف.
أُنفّذ	• استخدام أدوات السلامة المهنيّة لإنجاز المهمة وفقاً للمعايير الفنّيّة وأنظمة السلامة ذات الصلة: - ارتداء الملابس المناسبة لطبيعة العمل. - استخدام العِدَد والأدوات والملابس الملائمة لتعرية أطراف الكابلات وتثبيتها وتمديدها. - اتّباع المُخطّطات الكهربائيّة الخاصَّة بطريقة التمديد. - اختيار الأنابيب بالأقطار المناسبة وحسب المُخطّطات الكهربائيّة الّتي تمّ رسمها.	• الحوار والمناقشة. • التعلم التعاوني.	• أدوات السلامة المهنيّة. • صندوق عدة كامل. • المُخطّطات الكهربائيّة المطلوبة. • الكوابل المناسبة حسب المُخطّطات الكهربائيّة وأنواعها.

	- تمديد الكابلات الكهربائيّة حسب المُخططّات الكهربائيّة وطريقة التمديد المناسبة. - تعرية نهايات الكابلات الكهربائيّة بالوسائل والعِدَد المناسبة. - تثبيت أطراف الكابلات باللوحات الكهربائيّة والأحمال المطلوبة. - فحص صلاحية الكابلات باستخدام الوسائل والأدوات المناسبة. - تشغيل الأحمال المرتبطة بها.		• العدد الخاصَّة بتعرية الكوابل والجلب والتثبيت بالفحص والتركيب والصيانة. • الأنابيب الخاصَّة بالتمديدات الكهربائيّة. • أجهزة القياس والفحص المناسبة.
أتحقّق	• إعادة التحقق من كلّ عمليّات التركيب والتمديد والتثبيت من خلال: - التأكّد من تشغيل الآلات في المصنع. - إجراء جميع القياسات اللازمة لفحص الأحمال الكهربائيّة. - إعادة تقييم العمل والتحقق من جودة العمل. - التأكّد من إجراءات السلامة والاحتياطات الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار أثناء التركيب لحماية الآخرين من خطر الكهرباء. - تقييم معامل الأمان الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار في تنفيذ المهمة.	• النقاش والحوار الجماعي.	• قائمة التدقيق الخاصَّة بالتحكّم بالعمل: - جداول سعة الأنابيب من الكابلات القياسيّة. - جداول تحمل الكابلات القياسيّة الدولية. - تعليمات السلامة المهنيّة.
أُوثِّق، وأقدم	• إنشاء ملفات خاصَّة بالمهمة. • تسليم وثائق العمل والمواصفات الفنِّيَّة للمسؤول. • اعداد تقرير فني للمهمة يتضمن (القدرة الكهربائية للآلات، قياسات الكوابل ومقرراتها، اقطار المواسير المستخدمة، وكذلك نعل الكابلات، جلب النهايات..). • انشاء ملف خاص للحالة يتضمن العمل كاملاً.	• النقاش والحوار مع الزبون بما تمّ إنجازه. • عرض تقديمي (بوربوينت).	• جهاز حاسوب. • جهاز العرض. • اقلام وقرطاسية.



أُقوم	• رضى صاحب المصنع بما يتفق مع طلبة. • المطابقة مع المواصفات والمعايير.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي.	• نماذج التقييم. • طلب الزبون.

الأسئلة:

1- أعطِ أمثلة على أدوات تجهيز أطراف الأسلاك والكابلات وتوصيلها مع كلّ من المصدر والحمل.

2- أحضر عيّنات من الأسلاك والكابلات الكهربائيّة المستخدمة في التركيبات الكهربائيّة، ثمَّ صنِّفها حسب الاستخدام.

3- أعطِ أمثلة على كيفية توصيل الأسلاك فيما بينها، وكيفية تثبيتها باستخدام نعل الكابل.

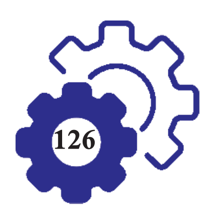
4- وضِّح أهمِّيَّة استخدام الجلب (الجلندات) في تثبيت أطراف الأسلاك في لوحات التوزيع. وكيف يتمّ اختيارها.

5- فسِّر مدلول كلّ من الرمزين الآتيين للكابلات الكهربائيّة:

أ- XLPE　　　　ب- PVC

6- أفسِّر تأثير ارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط بكابل التمديد على مساحة مقطع الكابل المستخدم.

7- أوضِّح تأثير استخدام كابل ذي عزل نوع (XLPE أو PVC) على مساحة مقطع الكابل.

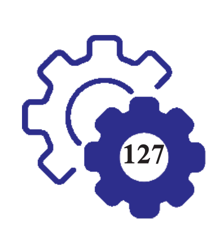




أولاً- أدوات تجهيز الأسلاك والكابلات الكهربائية:

1- العِدَد اليدويّة: يُبيِّن الجدول الآتي بعض العِدَد المستخدمة في قصّ الأسلاك والكابلات وتعريتها:

الرقم	الأدوات	استخدامها	صورة توضيحية
1	مفكّات بأحجام مختلفة	فك وتركيب البراغي	
2	الزرّاديَّات بأشكال واحجام مختلفة	تستخدم للإمساك بالأشياء المختلفة	
3	زرّاديَّة تعرية	تستخدم في تعرية الأسلاك	
4	القشارات (العرايات)	تستخدم لإزالة العوازل والأغلفة الواقية عن الأسلاك والكابلات الكهربائيّة من أجل تسهيل عمليّة توصيل التيّار الكهربائيّ	
5	سكين تقشير العازل	يستخدم لإزالة العازل الخارجيّ للموصل أو الكابل	
6	قطّاعة	تستخدم في قطع الأسلاك	
7	كاوي اللحام	للحام مختلف القطع الكهربائيّة والأسلاك	



8	سلك قصدير	سلك من القصدير ينصهر بالحرارة، ويوصل القطع المراد لحمها بعضها ببعض	
9	شافط اللحام	لإزالة اللحام الزائد	
10	صاروخ القصّ	يستخدم لقصّ الأجزاء المعدنيّة أو الخرسانة المسلحة	
11	الدرل الكهربائيّ	يستخدم لحفر الثقوب في المعادن أو الخرسانة لأغراض تثبيتها	
12	زنبرك/ سوست السحب	يستخدم لسحب وتمديد الأسلاك والكابلات الكهربائيّة داخل الأنابيب	
13	مقصّ الكابلات الكهربائيّة	يستخدم لقصّ الكابلات الكهربائيّة المصمتة ذات مساحة المقطع الكبير نسبياً	
14	مكبس أطراف الأسلاك والكابلات الكهربائية اليدوي والهيدروليكي	يستخدم المكبس اليدوي في الحالة التي لا تتطلب جهداً كبيراً للضغط، وللمقاسات الصغيرة نسبياً، أما المكبس الهيدروليكي فيستخدم للمقاسات الكبيرة للكابلات والتي تحتاج الى قوة ضغط كبيرة لتركيبه	



ثانياً- تعرية الأسلاك والكابلات:

1- استخدام العراية لتعرية الأسلاك، كما في الشكل (1):



- أضبط فتحة العراية بالقياس المناسب للسلك.
- باستخدام العراية قم بتعرية الأسلاك التي بحوزتك بطول مناسب.
- تأكد أن الأسلاك التي تم تعريتها سليمة ولا يوجد بها مشاكل نتيجة التعرية، مثل جرح في سلك النحاس أو تقطيع بعض شعرات السلك.

شكل (1): عراية الأسلاك

2- تعرية أطراف كابل متعدد القلوب بواسطة سكين:

الخطوة	الصورة
1. قياس أطوال الكابل وتعليمها	
2. قص الغلاف العازل الخارجي بإستخدام سكين التعرية بشكل دائري	
3. قص مزدوج للغلاف الغازل	
4. إزالة الجزء الذي تم قصه، ثم إزالة بقية العازل المحيط بالكابل	
5. وضع شريط عازل بلاستيكي حول الطبقة العازلة المطاطية	
6. إزالة الطبقة المطاطية من حول الموصلات	
7. تعرية الموصلات باستخدام العراية أو السكين	



ثالثاً- توصيل وتجهيز الأسلاك وعزلها:

تدعو الحاجة في مواقف معينة إلى وصل الأسلاك بعضها ببعض، لذلك يجب بداية تعرية الأسلاك بالطريقة الصحيحة ولمسافة مناسبة، مع مراعاة عدم جرح الموصل، لأن جرح أو قطع جزء من الموصلات قد يؤدّي إلى حدوث تلف ومشاكل مستقبلية.

وتتمّ عمليّة توصيل سلكين بمساحة مقطع أسلاك (صغيرة نسبياً) بالطريقة المبينة في الجدول الآتي:

1. تحضير وصلة الربط الحراريّة المناسبة بين السلكين	
2. إدخال نهاية السلك الأول في وصلة الربط بإحكام حتى النهاية	
3. إدخال الوصلة الَّتي تحتوي على السلك الأول في الفتحة المناسبة لمكبس الربط	
4. إدخال السلك الثاني في الفتحة الأخرى لوصلة الربط من الجهة الأخرى، وتكرار الخطوة (3) لكبس الوصلة	
5. تسليط مصدر حراريّ مناسب على جهة السلك الأول، حتى يتم إذابة الوصلة جيداً على السلك	



رابعاً- تثبيت نهايات أطراف الأسلاك والكابلات:

1- أحذية الكابلات (Cable Shoes) لنهايات الأسلاك والكابلات الكهربائيّة:

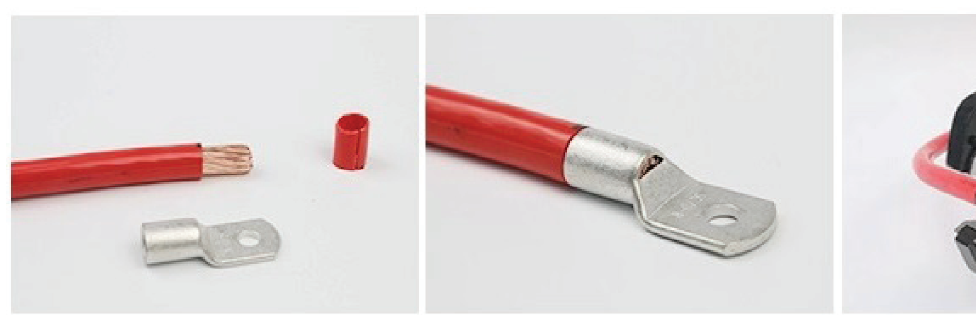
أحذية الكابلات/ نهاية الأسلاك: هي مرابط أو وصلات توضع على نهاية الأسلاك والكابلات لتسهيل عمليّة ربطها وتثبيتها في أماكنها المحدّدة، وتصنع بعدة أحجام ومقاسات مختلفة حسب مقاسات نهايات الأسلاك.

يجب تركيب حذاء كابل لجميع مقاسات الأسلاك، وخاصَّة تلك الَّتي تتعدى مساحة مقطعها ($4mm^2$). ومما استدعى استخدامها بكثرة، المتطلبات العامة لشروط السلامة والأمان وخاصَّة في تجميع لوحات التوزيع ذات القدرات الكهربائيّة الكبيرة بأنواعها المختلفة، وكذلك سهولة التعامل مع الأسلاك والكابلات في حالة استخدامها نظراً لتوفّر الأدوات الخاصة بالتعامل معها، حيث تتوفّر أحذية الكابلات بأنواع وبأحجام مختلفة صغيرة ($1.5mm^2$ - $6mm^2$) وأحجام كبيرة حسب الطلب، كما في الشكل (2). وكذلك فإنَّ استخدام هذه الأحذية يضمن التوصيل الجيد بين الأجزاء المختلفة للدوائر والأجهزة الكهربائيّة الَّتي يجب أن تكون محكمة الربط والتوصيل؛ مما يمنع حدوث الانفصال أو التأكسد أو الحرائق بشكل عام.



الشكل (2): أحذية الأسلاك والكابلات بأشكال مختلفة

وتبين الأشكال الآتية كيفية تركيب حذاء كابل لمقاسات كبيرة من الكابلات الكهربائيّة لتوصيلها مع مصادر الجهد والأحمال الكهربائيّة، شكل (3).



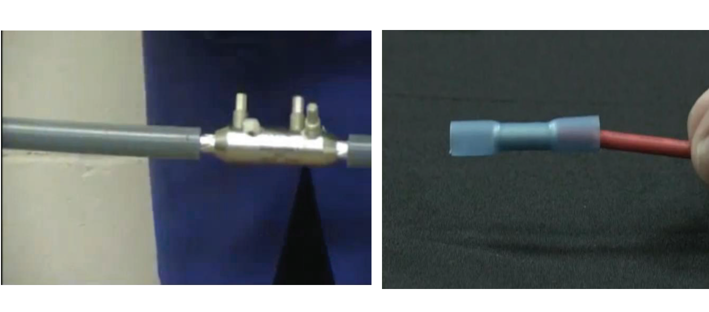
شكل (3): طريقة تركيب نعل كابل لأطراف كابلات ذات مقاسات كبيرة



2- توصيل نهايات كابلين معاً باستخدام وصلات الربط:

يبين الشكل (4) أنواع مختلفة من هذه الموصلات المعزولة وغير المعزولة وبمقاسات مختلفة لربط الموصلات.

وصلات الربط الكهربائية: عبارة وسيلة ربط ميكانيكي محكمة تستخدم لربط موصلين لكابلين معاً ربطاً كهربائياً محكماً، وتصنع بمقاسات قياسية مناسبة لأحجام الأسلاك والكابلات الكهربائية.



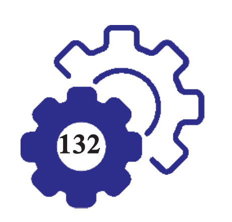


شكل (4): وصلات ربط كابلين معزولة وغير معزولة وبمقاسات مختلفة

حيث تدعو الحاجة الإقتصادية في كثير من الأحيان، إلى استخدام وصلات الربط الكهربائية لربط موصلين معاً بطريقة ميكانيكية وكهربائية محكمة، وقد تكون الحاجة لربط موصلين من نفس المقاس بأحجام صغيرة نسبياً أو حتى موصلات لكابلات ذات أحجام وجهود قياسية كبيرة، كما هو الحال عند الحاجة لتوصيل كابلين معاً في خطوط نقل الطاقة الكهربائية في شبكات الضغط العالي، كما هو مبين في الشكل (5)، أو حتى عند تغذية أقسام متباعدة لمصنع يعمل بطاقة كهربائية عالية من مسافة بعيدة.



شكل (5): توصيل كابلين ذوي ضغط مرتفع (33KV) معاً ذات مساحة مقطع كبيرة



كما أنه قد يحصل في بعض من الأحيان، أن يتعرض كابل غالي الثمن وذو مساحة مقطع كبيرة نسبياً للعطب نتيجة اجهادات ميكانيكية في منطقة ما منه مما يجعل توصيله ذات جدوى اقتصادية كبيرة، كما هو مبين في الشكل (6).



شكل (6): كابلات غالية الثمن ذات مساحة مقطع كبيرة تعرضت للعطب

ومع الإختلاف الكبير في مقاسات تلك الكابلات ونوعية الجهود المنقولة وطبيعة أغلفتها مع غيرها من الأسلاك صغيرة الحجم، إلا أن طريقة الوصل تستخدم التقنية ذاتها تقريباً، والتي تتمثل في الربط الميكانيكي المحكم لموصلات هذه الأطراف بواسطة مرابط نحاسية أو ألمنيوم، بالإضافة لإستخدام وسيلة حرارية مناسبة لتوصيل وتغطية الأغلفه العازلة لكل من الطرفين باستخدام عوازل مصنوعة من (PVC) كتلك المبينة في الشكل (7)، بالاضافة لاستخدام وسيلة حرارية تسلط عليها لتغلف الأغطية تماماً.



عوازل بي في سي حرارية لتغطية الموصلات



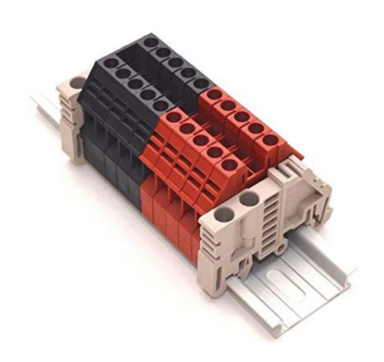
مصدر حراري متغير

شكل (7): عوازل مصنوعة من (CVP) بمقاسات مختلفة قابلة للإنكماش مع الحرارة

3- توصيل نهايات الكابلات معاً باستخدام شعب النهايات (كلمنت جسر):

من المعلوم أنه يجب أن يتم توصيل نهايات الموصلات المتحركة في أماكن توصيلها بشكل جيد، وتستخدم نهايات شعب التوصيل في لوحات التوزيع الكهربائية الخاصة بالتحكم بالآلات والمحركات الكهربائية على وجه الخصوص لتكون حلقة الوصل ما بين وسيلة التحكم أو الحماية أو مصدر الجهد مع الأحمال الكهربائية المختلفة كالمحركات الكهربائية وغيرها التي يتم تثبيتها بالطبع خارج لوحات التحكم هذه، كما هو مبين في الشكل (8).





شكل (8): أحجام مختلفة من شعب النهايات في لوحة توزيع كهربائية

ومن الضروري أن يتم تثبيت أطراف مصادر الجهد والأحمال الكهربائية معاً تثبيتاً جيداً، لذلك عادة ما يتم تثبيت شعب النهايات هذه على جسور خاصة (تسمى كل منها جسر اوميغا)، وتمنع هذه الشعب عدم حدوث قصر دارة (شورت) ما بين الأجزاء المختلفة لهذه الأطراف.

4- تركيب جلب الكابلات (Cable Gland):

جلب الكابلات (Cable Gland): هي أداة مصممة لتأمين تثبيت طرف نهاية الكابل بالمعدّة التي يتصل بها كهربائياً، وتكون الجلبة مناسبة لنوع ومواصفات الكابل. ويتضمن هذا التعريف جلب الكابلات الخاصة بالتوصيل الكهربائي لتسليح الكابل أو أسلاك التوصيل المحيطة بالكابل أو غلاف الألمنيوم للكابل إذا توفرت.

توفر جلب الكابلات بصفة عامة درجة حماية متساوية لكل من الأغلفة والكبائن والصناديق التي يتم تثبيت الكابلات فيها. وتستخدم للكابلات المسلحة جلب معدنية، أما الكابلات غير المسلحة فيمكن استعمال الجلب المعدنية أو الجلب المصنوعة من مواد البوليمر، ويتم تغليف جلب التثبيت بكسوة بلاستيكية عازلة خاصة (تنكمش بالحرارة لإحكام التغليف حولها) لتوفير حماية إضافية لها وللحيز المحيط بها إذا تطلب ذلك، وله قياسات معروفة في السوق حسب قطر الكابل الخارجي، شكل (9).



شكل (9): أنواع مختلفة من جلب الكابلات من نوع المنيوم وبلاستيك وستينليس ونحاس

إن استخدام جلب الكابلات ضروري جداً في المحولات الكهربائية الداخلية وفي محولات القدرة وكذلك في اللوحات الكهربائية وذلك لمنع الرطوبة أو دخول الماء أو الحشرات أو الحيوانات الزاحفة الى داخل اللوحة.

خامساً- طرق تمديد الأسلاك والكابلات الكهربائية:

يمكن أن يتمّ تمديد الأسلاك والكابلات الكهربائيّة بإحدى الطرق الرئيسيّة الآتية:

1- استخدام المواسير بأنواعها (Conduits) وهي تكون إما خارجية، أو داخل الحوائط أو تحت الأرضيات. ويجب التأكد من أن عدد الموصلات داخل الماسورة لا يتعدى الحد الأقصى التي تحدده المواصفات طبقا لمقطع الموصل (عامل فراغ (40%)).

2- استخدام حوامل الكابلات(Cable Trays).

3- الدفن المباشر في الأرض.

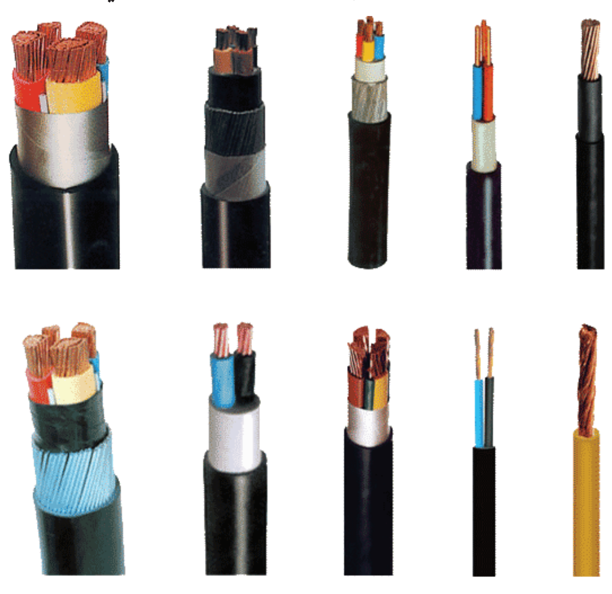
ويبين الجدول (1)، الطرق المختلفة لتمديد الكابلات الكهربائية، التي تعطي رموزاً خاصاً كما هو موضح في الجدول:

جدول (1): طرق تمديد الكابلات الكهربائية

الرقم	نوع التمديد	الرمز	الوصف
1	A1 A2	A	كوابل مفردة ممدّدة داخل مواسير في جدار معزول حراريّا. كوابل متعدّدة القلوب ممدّدة بداخل مواسير في جدار معزول حراريّاً.
2	B1 B2	B	كوابل مفردة أو متعدّدة القلوب ممدّدة داخل مواسير على/ في حائط أو جدار أو (داخل جدار إسمنت) أو في ترنكات، أو مجارٍ .
3	C	C	كوابل مفردة أو متعدّدة القلوب ممدّدة على جدار خشبي، أو مثبتة مباشرة على الجدار مباشرة، أو معلّقة بالسقف، أو في قنوات.
4	D1 D2	D	كوابل مفردة أو متعدّدة القلوب مدفونة في الأرض داخل مواسير. كوابل مفردة أو متعدّدة القلوب مدفونة في الأرض بدون مواسير.
5	≥0.3D E	E	كابل متعدد القلوب ممدّد في الهواء على سلّم.
6	≥0.3D F	F	كوابل مفردة ذات قلب واحد ممدّدة في الهواء على سلّم، وغير متباعدة بعضها عن بعض بمسافة كافية.
7	≥0.3D G	G	كوابل مفردة ذات قلب واحد ممدّدة في الهواء على سلم، ومتباعدة بعضها عن بعض بمسافة كافية.

سادساً- أنواع الأسلاك والكابلات الكهربائيّة:

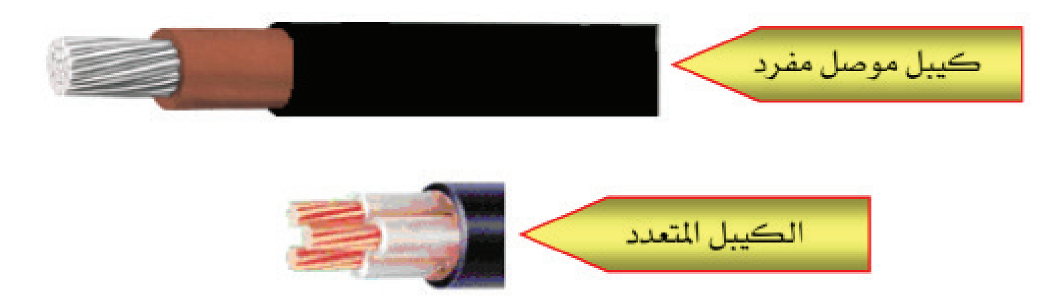
تلعب الأسلاك والكابلات الكهربائيّة المصنوعة موصلاتها من النحاس في الغالب (أو الالمنيوم) دوراً هاماً في نقل وتوزيع الطاقة الكهربائيّة، وتستخدم في تغذية الأحمال الكهربائيّة المنزلية والتجارية والصناعيّة، ويبين شكل (10) أنواع مختلفة من الأسلاك والكابلات الكهربائية، ويتم تصنيفها حسب الآتي:



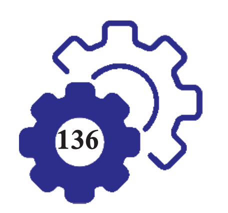
شكل (10): أنواع مختلفة من الأسلاك والكابلات الكهربائية

1- مادة الموصل (Conductor Material): (نحاس (CU) / المنيوم (AL)).

2- عدد القلوب (Number of Cores): كابل ذو قلب واحد (Single - Core Cable) أو متعدد القلوب (Multi - Core Cable).



شكل (11): أشكال الأسلاك الكهربائية حسب عدد القلوب



3- حسب الشكل، شكل (12):

أ- السلك المصمت (قاسي) (Solid): هو عبارة عن سلك واحد من المعدن، وهو سهل التوصيل، وهو أرخص في التصنيع من السلك المكون من أسلاك رفيعة، ويستخدم في التطبيقات التي لا تحتاج إلى مرونة عالية للسلك.

ب-السلك المجدول (مرن) (Stranded): هو عبارة عن مجموعة من الأسلاك الرفيعة (شعرات) غير معزولة وملفوفة معاً لتكون قلب السلك، وهذا يجعله أكثر مرونة من السلك المصمت الذي له نفس مساحة المقطع ونفس المعدن. وفي حالة كسر عدة اسلاك من المجموعة، يظل التوصيل مستمر، ولهذا يستخدم في التطبيقات التي تتطلب مقاومة عالية.



شكل (12): أشكال الأسلاك الكهربائية حسب الشكل

4- حسب أشكال القلوب: دائري الشكل أو بيضاوي أو مثلثي.

5- نوع مادة العزل للكابل المستخدم (Insulation Type): (PVC/XLPE).

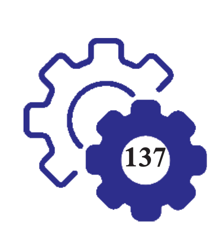
أ- الكابلات المعزولة بالبولي فينيل كلوريد (PVC).

ب- الكابلات المعزولة بمادة البولي أثيلين المتشابك الجزيئات (XLPE) Cross-Linked Poly Ethylene).

6- حسب نوع التيار وعدد الأطوار: تيار مستمر (DC) أو تيار متغير (AC) (1 فاز/ 3 فاز).

7- نوع الجهد:

أ- كابلات الجهد المنخفض: وتستخدم مدى الجهود من (0V - 250V) وحتى حوالي (6KV).
ب- كابلات الجهد المتوسط: وتستخدم لمدى من (6.6KV - 22KV).
ج- كابلات الجهد العالي: وتستخدم لمدى جهود من (22KV - 33KV).
د- كابلات الجهد الزائد: وتستخدم لمدى جهود من (220KV - 345KV) وحتى (750KV).
هـ- كابلات الجهد الفائق: وتستخدم لمدى جهود أعلى من (750KV).

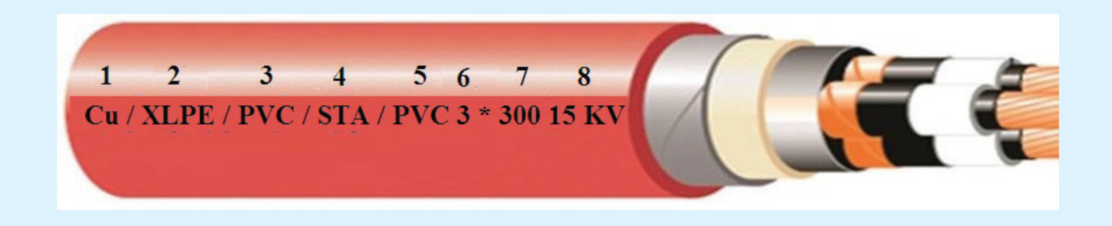


8- درجة تحملها للصدمات الميكانيكية:

أ- كابـلات غيـر مسـلحة (Unarmoured): لا تتحمـل الصدمـات الميكانيكيـة التـي قـد تتعـرض لهـا بعـد تمديدهـا، وتصلـح للتمديـد فـي الاماكـن المكشـوفة ولتطبيقـات الصناعيـة التـي لا تتعـرض للصدمـات الميكانيكيـة، وهـي ذي اسـتخدامات متعـددة، داخـل المبانـي أو فـي قنـوات.

ب- كابـلات مسـلحة (Armoured): وهـي كابـلات مصممـة لتحمـل الصدمـات الميكانيكيـة التـي قـد تتعـرض لهـا بعـد تمديدهـا، وتصلـح لأن تمـدد مدفونـة تحـت الارض.

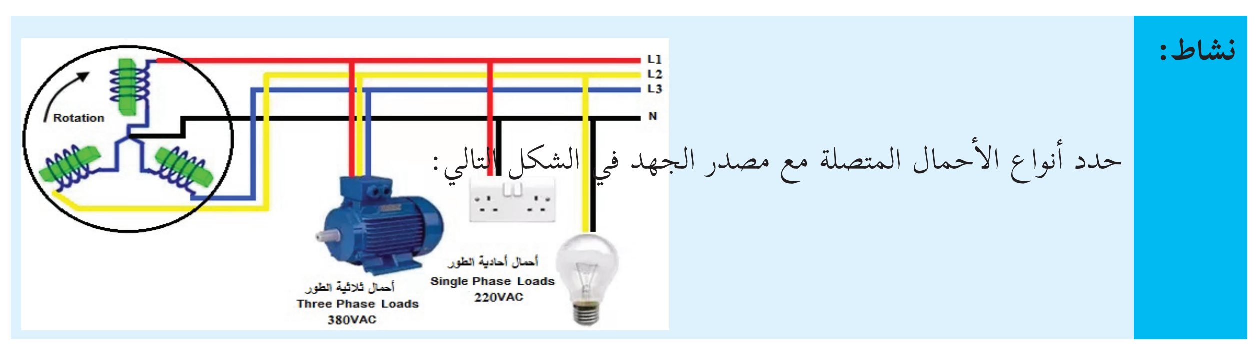
نشاط: حدد مواصفات ومعلومات الكابل المبين في الشكل التالي:



ملاحظة: يتم تعريف الكابل في السوق المحلي بعدد الموصلات مضروباً بمساحة مقطع الموصلات الداخلية فيقال، كابل (2.5 × 3) للدلالة على عدد الموصلات وهي (3)، أما الرقم (2.5) فيدل على مساحة مقطعها.

نشاط: ابحـث فـي الإنترنـت عـن مميِّـزات كلّ مـن نوعـي الكابـلات الكهربائيّـة (PVC وXLPE)، ثـمَّ اكتـب تقريـراً عنهمـا.

نشاط: حدد أنواع الأحمال المتصلة مع مصدر الجهد في الشكل التالي:





سابعاً- أنواع الأحمال الكهربائيّة حسب طبيعة جهد المصدر:

تنقسم الأحمال الكهربائيّة الَّتي ترتبط بالشبكة العامة للكهرباء من حيث طبيعة مصدر الجهد الَّذي تتغذى منه إلى نوعين هما:

1- أحمال كهربائية أحاديّة الطور:

تتغذى هذه الأحمال من الشبكة العامة للكهرباء بجهد محلي مقداره (220VAC) فولت، وبتردد (50Hz)، وتتمثل في:

أ- حمل مادي (Resistive Load): تتمثل في مقاومات كهربائية مثل وحدات الإنارة أو وحدات التسخين الكهربائية كالمدفأة الكهربائية.

ب- حمل حثي (Inductive Load): تتمثل في ملفات كالمحركات الكهربائية أحادية الطور أو محولات أحادية الطور وغيرها.

ج- حمل سعوي (Capacitive Load): تتمثل في مكثفات.

والشكل (13) يبين بعض الأنواع المختلفة من هذه الأحمال.



حمل مادي

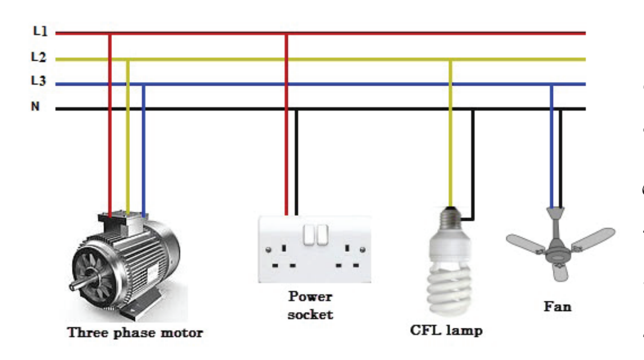

حمل حثي


حمل سعوي

شكل (13): أحمال كهربائية أحادية الطور (سعوية - مادية - حثيه)

2- أحمال كهربائيّة ثلاثيَّة الطور:

تتغذّى هذه الأحمال الَّتي تتصل بمصدر الجهد ثلاثي الطور من الشبكة العامة للكهرباء بجهد محلي مقداره (380VAC أو 400VAC) وبتردد (50Hz)، وتشمل جميع الأحمال الكهربائيّة الَّتي قد تحتوي على ثلاثة ملفات كالمحرِّكات الكهربائيّة أو المحولات أو المولدات الكهربائيّة، كما هو مبين في الشكل (14)، وكذلك قد تحتوي على ثلاثة مقاومات كهربائيّة كالأفران الكهربائيّة ثلاثيَّة الطور، أو غيرها من الأحمال السعوية الأخرى أو خليط من هذه الأحمال مجتمعه.



شكل (14): أحمال كهربائية مختلفة مرتبطة بالشبكة العامة للكهرباء

ثامناً- حساب القدرة الكهربائيّة للأحمال حسب نوع الجهد المُغَذّي لها:

القدرة الكهربائيّة: تعني مقدار الشغل المبذول في الثانية، ويعبر عنها كهربائياً بوحدة الواط (W)، أو مضاعفاته بالكيلو واط (KW)، أو بالميجا واط (MW)، ويرمز لها بالرمز (P). ويعتمد حساب القدرة الكهربائيّة المستهلكة و/ أو المنتجة على نوع الحمل، وكذلك على نوع مصدر الجهد الكهربائيّ.

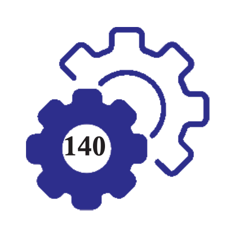
1- حسابات القدرة الكهربائيّة في دوائر التيّار المستمرّ:

ترتبط بكل من التيّار والجهد والمقاومة، ويتم حسابها باستخدام إحدى العلاقات الآتية:

$$P = V \times I = \frac{V^2}{R} = I^2 \times R$$ ووحدتها الواط (W)

وتُعدّ القدرة المستهلكة في مقاومة مادية قدرة حقيقية تبدد فيها، وهي بالتالي تتحوّل من شكل إلى آخر (حرارة، ضوء، ....)، لذلك فهي تسمى قدرة حقيقية أو (قدرة فعالة).

إلا أن هناك نوعين آخرين من القدرة الكهربائيّة في دوائر التيّار المتردِّد، يرتبطان بكل من نوعي الحمل الحثّيّ السعويّ، حيث إنّ كلّاً من الملف والمكثف (المثاليين) يُعدّان عنصري تخزين للطاقة الكهربائيّة، لا عنصري استهلاك لها عند توصيلهما مع مصدر للتيّار المتردد. وهذا بالتالي يقودنا للحديث عن القدرة الكهربائيّة في دوائر التيّار المتردِّد وطريقة حسابها.



2- حسابات القدرة الكهربائيّة في دوائر التيار المتردد:

يتم تخزين الطاقة الكهربائيّة في الملف على هيئة مجال مغناطيسي، بينما يتمّ تخزينها في المكثف على هيئة مجال كهربائيّ يظهر بين صفيحتي المكثف، ويتم تزويدها للحمل ابتداء، إلا أنَّها تعود للمصدر عندما يغيِّر التيّار اتجاهه في النصف السالب للموجة المتردّدة. وتسمّى الطاقة المختزنة بأي من الملف أو المكثف بالقدرة غير الفعّالة (التخيلية)، ويرمز لها بالرمز (Q)، ووحدتها الأساسيَّة (VAR) أو مضاعفاتها.

أما القدرة الكلّيّة فهي عبارة عن جمع متجهي للقدرة الفعّالة (الحقيقية) والقدرة غير الفعّالة؛ لينتج منهما قدرة محصلة يرمز لها بالقدرة الظاهرية، وتعطى الرمز (S)، ووحدتها الأساسيَّة الفولت أمبير (VA). ويمكن تعريف هذه الأنواع كما يلي:

القدرة الفعّالة (P) (Active Power): هي الَّتي تنجز العمل الحقيقي مثل إنتاج الحرارة، الضوء، الحركة.......إلخ. وتقاس بوحدة الواط (W) أو مضاعفاتها، ويرمز لها بالرمز (P).

القدرة غير الفعّالة (Q) (Ractive Power) : هي الَّتي تساعد على وجود المجال الكهرومغناطيسي أو الكهربائيّ، وتقاس بالفولت أمبير مفاعلة (VAR) أو مضاعفاتها، ويرمز لها بالرمز (Q).

القدرة الظاهرية (s) (Apparent Power): هي مزيج من القدرة الفعّالة والقدرة غير الفعّالة، وتقاس بالفولت أمبير (VA) أو مضاعفاتها، ويرمز لها بالرمز (S).

ويتم حساب الأنواع الثلاثة للقدرة الكهربائية لحمل كهربائي أحادي الطور وثلاثي الطور من العلاقات التالية:

	أحادي الطور	ثلاثي الطور
القدرة الفعالة (P)	$P = V_{Ph} \times I_{Ph} \times \cos\theta \ (W)$	$P = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos\theta \ (W)$
القدرة الغير فعالة (Q)	$Q = V_{Ph} \times I_{Ph} \times \sin\theta \ (VAR)$	$Q = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \sin\theta \ (VAR)$
القدرة الظاهرية (S)	$S = V_{Ph} \times I_{Ph} \ (VA)$	$S = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \ (VA)$

حيث أن:

V_{ph}	جهد الطور
I_{ph}	تيّار الطور
V_L	جهد الخط في النظام ثلاثي الطور
I_L	تيّار الخط في النظام ثلاثي الطور
θ	زاوية الطور
$(\cos\theta)$	معامل القدرة (Power Factor - PF) وهو رقم محصور ما بين (الصفر والواحد صحيح)



-3 مثلث القدرة:

يمكـن تمثيـل الأنـواع الثـلاث للقـدرة الكهربائيّـة لحمـل كهربائيّ أحـاديّ الطـور أو ثلاثي الطـور، يحتـوي على مقاومـة وملـف أو مقاومـة ومكثـف بمثلـث متجهـات يسـمى مثلـث القـدرة، كمـا فـي الشـكل (15).

شكل (15): مثلث القدرة

والمثال التالي يوضِّح كيفية حساب قيمة القدرة الكهربائيّة في أحمال مادية أحاديّة الطور.

مثال (1):

سـخان كهربائـي يعمـل بجهـد أحـاديّ الطـور (220V/50 Hz)، قدرتـه (2500W)، احسـب التيّـار (I) الـذي يسـحبه السـخّان، ثـمَّ احسـب مقاومتـه (R) بـالأوم؟

الحل: تعطى القدرة الكهربائية لحمل أحاديّ الطور (1 فاز) كما بالمعادلة الآتية:

القدرة الكهربائية = الجهد (V) × التيار (I) × معامل القدرة ($COS\theta$)

$2500\ W = 220 \times$ التيار (I) $\times (1)$

التيار (I) $= \frac{2500W}{220V} = 11.36\ A$

تعطى قيمة المقاومة (R) اعتمادا على قيمة كل من القدرة (P) والتيار (I) بالمعادلة التالية:

المقاومة (R) $= \frac{P}{I^2} = \frac{2500W}{(11.36)^2} = 19.37\Omega$

ملاحظة: السخان يمثل حمل مادي (مقاومة)، وبالتالي يكون معامل القدرة يساوي (1).

تاسعاً- اختيار مساحة مقطع الكابل المُغَذّي للحمل:

يجـب أن يتـمّ اختيـار مسـاحة مقطـع الأسـلاك بدقّـة وعنايـة فائقـة، بحيـث لا تكـون مسـاحة مقطعهـا أكبـر أو أصغـر مـن المطلـوب؛ لأن اختيارهـا بمسـاحة مقطـع أقلّ مـن المطلـوب، يسـبب هبوطاً كبيـراً فـي الجهـد نتيجـة زيـادة مقاومتهـا؛ الأمـر الّـذي يسـبب انخفاضـاً فـي قيمـة القـدرة الكهربائيّـة المنقولـة مـن مكـان إلـى آخـر، أو قـد يـؤدّي إلـى ارتفـاع درجـة حـرارة الموصـلات؛ وبالتالـي إلـى نشـوب حرائـق نتيجـة انصهـار العـازل المغلّـف لهـا، أمـا فـي حـال اختيارهـا بمسـاحة مقطـع أكبـر مـن المناسـب، فـإنَّ ذلـك يـؤدّي إلـى ارتفـاع كلفـة نقـل الطاقـة.

ويتوفّر في شبكة الإنترنت مواقع كثيرة يمكـن مـن خلالهـا معرفـة مسـاحة مقطـع الموصـلات المناسـبة والمسـتخدمة فـي نقل القدرة الكهربائيّة بناء على معرفة مجموعة من المعايير. مثل الموقع الإلكترونيّ (www.cablesizer.com).

1- تحديد السعة الأمبيرية للكابلات:

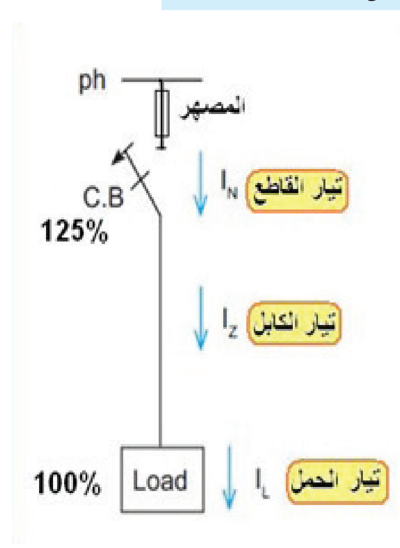
تعرف قدرة الكابل على حمل التيار في الظروف الطبيعية وغير الطبيعية بالسعة الأمبيرية للكابل، وهناك ضرورة لتبديد الحرارة المتولدة فيه بسبب ضياع الطاقة في الكابلات والعزل والغلاف والمقاومة الحرارية للوسط المحيط بالكابل، ويعتمد ذلك كله على مقدار الجهد المنقول ونوع الكابل المستعمل وطريقة تمديده، حيث يكون مستوى التيار المقرر لكابل مطمور في الأرض أقل منه عندما يراد مده في الهواء بشكل عام.

السعة الأمبيرية للكابل: أقصى قيمة تيار يستطيع الكابل تمريرها دون أن يحدث تلف لأي من الكابلات أو العازل المغطي له، ويتم تحديد هذه القيمة للتيار بناءً على عدة عوامل منها: قدرة الحمل ونوعه، نوع الكابل المستخدم، وطريقة التمديد (مكشوف أم مدفون)، ودرجة حرارة الوسط، ونوع العازل.

ونظراً لإختلاف الظروف الطبيعية أو السعة التشغيلية للكابل فإن الشركات الصانعة للكابلات تعطي جداول تحدد فيها السعة الأمبيرية لكابلاتها حسب الظروف القياسية (وهي 20 درجة مئوية لكابل ممدود في الأرض أو 30 درجه مئوية لكابل ممدود في الهواء) وتحدد المواصفات القياسية العالمية الألمانية والبريطانية والأمريكيه (VDE/BSI/IEC) السعه الأمبيرية لتلك الكابلات وطرق تمديدها وظروف تشغيلها.

2- خطوات حساب مساحة مقطع كابلات التوصيلات الكهربائية ووسائل حمايتها:

عند الحديث عن حماية الأجهزة والمعدات الصناعية أو التجارية أو المنزلية، فإن الكابلات تلعب دوراً هاماً في الحماية من الأخطار التي قد تنشأ عن الأعطال التي قد تحدث للنظام الكهربائي ككل. لذلك فإن تغذية الأحمال الكهربائية تتم من خلال الكابلات الكهربائية (الكابلات) التي لا بد من حسن اختيارها بشكل جيد حتى تنقل التيار الكهربائي بشكل مأمون. ويبين الشكل (16) كيفية تغذية حمل كهربائي ومراحل حمايته.



شكل (16): مخطط تغذية الأحمال

حيث أن:

I_L	تيار الحمل الإسمي
I_N	تيار القاطع أو المصهر
I_Z	أكبر تيار يتحمله الكابل



أ- حساب تيار الحمل (I) المراد مد الكابل له:

يتم حساب تيار الحمل (I) بحسب العلاقة لحمل تيار مستمر أو متناوب:

تيار الحمل (I)	نوع الحمل
$I = \frac{P}{V}$	لحمل تيار مستمر
$I = \frac{P}{V \times \cos\theta}$	حمل أحادي الطور (220VAC مثلاً)
$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_L \times \cos\theta}$	حمل ثلاثي الطور (380VAC مثلاً)

حيث أن:

تيار الخط للحمل	I_L
معامل القدرة	$\cos\theta$
جهد الخط بالفولت	V_L

ب- حساب سعة وسيلة الحماية الكهربائية (القاطع/ المصهر) (I_N):

يتم إضافة عامل آمان للكابل المغذي (بنسبة 25%) كالتالي:

$$I_N = 125\% \times I_L$$

ويتم الحصول على قيمة (I_Z)، وهي أكبر قيمة تيار يتحمله الكابل من جدول (1).

ويجب أن تتحقق العلاقة الآتية عند اختيار سعة القاطع وسعة الكابل المستخدم:

$$I_Z \geq I_N \geq I_L$$

ويستخدم الجدول (1) للتحقق من الشرط، وإذا تحقق الشرط نختار مساحة مقطع الكابل الذي حقق الشرط.



جدول (1): تحمل الاسلاك الكهربائية المعزولة المصنوعة من النحاس للتيار حسب طريقة التمديد، وسعة تيار القاطع المناسب لكل منها عند درجة حرارة (30) درجة مئوية

مساحة مقطع كابل النحاس (mm^2)	المجموعة (1) واحد أو أكثر من الأسلاك والكابلات الممددة في الأنابيب		المجموعة (2) كابلات متعددة القلوب		المجموعة (3) كابلات مفردة القلب في الهواء	
	أكبر تيار مسموح به (I_Z) (A)	تيار المصهر (أو القاطع) (I_N) (A)	أكبر تيار مسموح به (I_Z) (A)	تيار المصهر (أو القاطع) (I_N) (A)	أكبر تيار مسموح به (I_Z) (A)	تيار المصهر (أو القاطع) (I_N) (A)
1.5	15	10	18	10	24	20
2.5	20	16	26	20	32	25
4	25	20	34	25	42	35
6	33	25	44	35	54	50
10	45	35	61	50	73	63
16	61	50	82	63	98	80
25	83	63	108	80	129	100
35	103	80	135	100	158	125
50	132	100	168	125	198	160
70	165	125	207	160	245	200
95	197	160	250	200	292	250
120	235	200	292	250	344	315
150	-	-	335	250	391	315
185	-	-	382	315	448	400
240	-	-	453	400	528	400
300	-	-	504	400	608	500
400	-	-	-	-	726	630
500	-	-	-	-	830	630



ج- حساب هبوط الجهد في الكابلات:

بعد اختيار مساحة مقطع الكابل المناسب للحمل المراد تغذيته، وتحديد السعة الأمبيرية له، يجب التأكد من أن مساحة المقطع المختار تحقق هبوط الجهد المسموح به بحيث تكون، (3% - 2.5) للتمديدات المنزلية وحوالي (5%) للتمديدات الصناعية.

ونعني بها أنه إذا كان جهد المصدر (220VAC) فإن الهبوط المسموح به يجب أن لا يقل عن القيمة التالية:

$$220 - (\%2.5 \times 220) = 214VAC$$

أما إذا كان جهد المصدر (VAC380) فإن الهبوط المسموح به يجب أن لا يقل عن القيمة التالية:

$$380 - (\%5 \times 038) = 361VAC$$

ويعتمد مقدار هبوط الجهد على مقاومة الكابل وقيمة التيار المار فيه، وقد جرت العادة على أن يعطى الهبوط الذي يسببه مرور التيار في الكابل على أساس كل كابل على حدة. ويحسب عادة بالملي فولت لكل أمبير لكل متر (mV/A/m) من طول الكابل (L).

ويمكن حساب هبوط الجهد (V.D) للأحمال الكهربائية آحادي الطور وثلاثية الطور بعدة طرق منها:

الطريقة	أحمال آحادية الطور	أحمال ثلاثية الطور
بالقانون	$(V.D\%) = \frac{2 \times I \times L \times \cos\theta \times 100\%}{A \times V}$	$(V.D\%) = \frac{\sqrt{3} \times I \times \rho \times L \times \cos\theta \times 100\%}{A \times V}$
الجداول	الهبوط في الجهد $(V.D) = (V.D) = \frac{(mV/A/m) \times I \times L}{1000}$	
	النسبة المئوية للهبوط في الجهد = $(V.D\%) = \frac{V.D}{V(220V)} \times 100\%$	النسبة المئوية للهبوط في الجهد = $(V.D\%) = \frac{V.D}{V(380V)} \times 100\%$

حيث أن:

I	تيار الحمل
ρ	المقاومة النوعية للكابل المستخدم وهي للنحاس $(\rho = 0.0173\ \Omega.mm^2/m)$
L	طول الكابل بالمتر (m) (المسافة بين اللوحة والحمل ذهاباً فقط)
$\cos\theta$	معامل القدرة وفي حالة الأحمال المادية = 1 صحيح
A	مساحة مقطع الكابل بالمليمتر المربع (mm^2)
V	جهد النظام بالفولت
mV/A/M	قيمة يتم الحصول عليها من خلال جداول الشركات المصنعه للكابلات كما في الجدول (2)

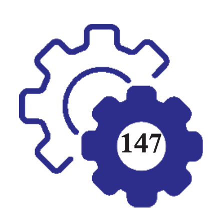
ملاحظة: قسمنا على (1000) لنحصل على النتيجة بالفولت.

ويبن الجدول (2) مقدار الهبوط في الجهد لمقاسات الأسلاك الكهربائية من نوع (PVC) والمصنوعه كابلاتها من النحاس حسب المواصفات البريطانية (BS 6346).

جدول (2): هبوط الجهد حسب نظام الجهد المستخدم في الدائرة (ملي فولت/ أمبير/ متر- (mV/A/m)) ومساحة مقطع الكابلات المستخدمة

مساحة مقطع الكابلات (mm^2)	الهبوط في الجهد		
	نظام تيار مستمر (mV/A/m)	نظام احادي الطور (mV/A/m)	نظام ثلاثي الطور (mV/A/m)
1.5	24.2	27.9	24.1
2.5	14.3	17.3	14.8
4	9.0	10.7	9.3
6	6.0	7.2	6.2
10	3.6	4.3	3.7
16	2.3	2.8	2.4
25	1.5	1.8	1.5
35	1.1	1.3	1.1
50	0.8	0.96	0.85
70	0.6	0.70	0.60
95	0.4	0.55	0.45
120	0.3	0.45	0.35
150	0.25	0.35	0.31
185	0.2	0.30	0.26
240	0.15	0.25	0.22
300	0.12	0.22	0.19
400	0.10	0.19	0.17

بعد حساب نسبة الهبوط في الجهد وإذا كانت النسبة أكبر من المسموح به، فيجب إختيار مساحة مقطع الكابل التالي (الأكبر) مباشرة في الجدول، ويتم إعادة التحقق من عدم تعدي الإنخفاض المسموح به في الجهد وصولاً للإختيار المناسب.



مثال (2):

احسب أكبر مسافة ممكنه ما بين مصدر تغذية آحادي الطور وحملاً كهربائياً مادياً قدرتة (1kw) إذا استخدم كابل مساحة مقطعه ($1.5mm^2$) مصنوع من النحاس؟ اعتبر ($\cos\theta = 1$)

الحل:

$$(V.D\%) = \frac{2\times I\times \rho\times L\times \cos\theta\times 100\%}{A\times V}$$

$$I = \frac{1000}{220} = 4.5A$$

$$L = \frac{(154.5)\times A}{I\times \cos\theta} = \frac{(154.5)\times 1.5}{4.5} = 51m$$

د- معرفة مساحة مقطع كابل الوقاية (PE):

حيث يتم اختيار مساحة مقطع خط الإرث من الجدول (3) وذلك بدلالة مساحة مقطع خطوط الفاز الرئيسية.

لاحظ أنه من الجدول تكون مساحة مقطع خط الإرث مساوية لمساحة مقطع خطوط الأطوار الثلاثة حتى قيمة ($16mm^2$) ومن ثم يتم اختيار مساحة مقطع كابل الإرث حسب الجدول.

جدول (3): مساحة مقطع كابل الوقاية الذي يصل ما بين كابل الأرضي ولوحة دخول المنشأة

مساحة مقطع الأوجه (mm^2)	0.5	0.75	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	90	120	150
مساحة مقطع كابل الوقاية المعزول (mm^2)	0.5	0.75	1	1.5	2.5	4	6	10	16	16	16	25	35	50	70	70

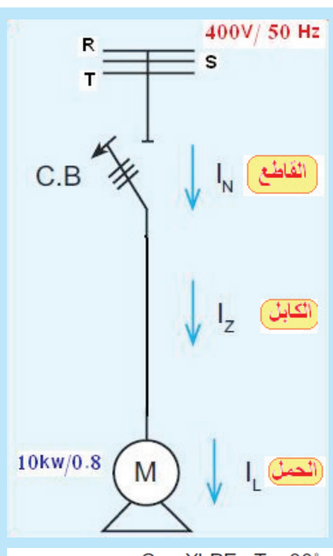
مثال (3):

محرك حثي ثلاثي الطور مبين في المخطط في الشكل المجاور، قدرته (10KW) بمعامل قدرة (0.8) ويعمل على فرق جهد مقداره (400VAC)، يراد تغذيته بشكل مباشر من مصدر الجهد ثلاثي الطور، أوجد مساحة مقطع الكابلات المناسبة لتغذية المحرك، وكذلك سعة قاطع الحماية الواجب استخدامه، المسافة بين اللوحة المغذية والمحرك (50) متر.

الحل:

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3}\times V_L\times \cos\theta} = \frac{1000}{\sqrt{3}\times 400\times 0.8} = 18A$$





يتم إضافة عامل أمان للكابل المغذي (بنسبة 25%):

$$I_N = I_L \times 125\% = 18 \times 1.25 = 22.5A$$

I_Z (A)	I_N (A)	مساحة مقطع الكابل mm^2
15	10	1.5
20	16	2.5
25	20	4
33	25	6
45	32	10
61	50	16
83	63	25
103	80	25
132	100	50

Cu , XLPE , T = 30°

بالرجوع للجدول المجاور، يتم اختيار مساحة وسيلة الحماية ومقطع الكابل المغذي (حسب قيمة I_N):

وسيلة الحماية (القاطع الآلي): $I_N = 25A$
وكذلك أكبر تيار يتحمله الكابل: $I_Z = 33A$
إذن مساحة مقطع الكابل هو: ($6mm^2$)
حيث أن العلاقة التالية يجب أن تتحقق:

$$I_Z \geq I_N \geq I_L$$
$$33A \geq 25A \geq 22.5A$$

يبقي الآن التحقق من شرط الهبوط في الجهد المسموح به.
بالعودة للجدول (2)، نجد أن مقدار الهبوط في الجهد لمساحة المقطع ($6mm^2$) هي (6.2m/A/vm):
الآن للتحقق من أن مقدار الهبوط في الجهد لمسافة المطلوبة:

$$(V.D) = \frac{(mV/A/m)\times I\times L}{1000} = \frac{6.2\times18\times50}{1000} = 5.58V$$

ولحساب النسبة المئوية للهبوط في الجهد:

$$(V.D\%) = \frac{5.58}{400}\times100\% = 1.2\%$$

وهي بالتالي نسبة أقل من (5%)، لذلك مساحة مقطع الكابل ($6mm^2$) مناسب.
ومساحة مقطع كابل الوقاية هي: ($6mm^2$)



مثال (4):

حمل كهربائي آحادي الطور (مادي) قدرته (5KW) يتغذى بجهد (220VAC) عن طريق كابل مصنوع من النحاس ممدد في ماسورة، فإذا كانت المسافة بين الحمل والمصدر ذهاباً وإياباً (140) متر، فما هي مساحة مقطع الكابلات المناسبة بما يحقق شرط نسبة الهبوط في الجهد المسموح بها وهي (3%)؟

الحل:

تيار الحمل: $I_L = \frac{P}{V} = \frac{5000}{200} = 22.73A$

يتم إضافة عامل أمان للكابل المغذي (بنسبة 25%):

$I_N = I_L \times 125\% = 22.73 \text{ X } 1.25 = 28.4 \text{ A}$

بالرجوع للجدول(1)، يتم اختيار مساحة وسيلة الحماية ومقطع الكابل المغذي (حسب قيمة I_N):

وسيلة الحماية (القاطع الآلي): $I_N = 35A$

وكذلك أكبر تيار يتحمله الكابل: $I_Z = 45A$

إذن مساحة مقطع الكابل هو: ($10mm^2$)

حيث أن العلاقة التالية يجب أن تتحقق:

$I_Z \geq I_N \geq I_L$

$45A \geq 35A \geq 28.4A$

يبقي الآن التحقق من شرط الهبوط في الجهد المسموح به.

بالعودة للجدول (2)، نجد أن مقدار الهبوط في الجهد لمساحة المقطع ($10mm^2$) هي ($4.3m/A/vm$):

الآن للتحقق من أن مقدار الهبوط في الجهد لمسافة المطلوبة:

$$(V.D) = \frac{(mV/A/m)\times I\times L}{1000} = \frac{6.2\times 18\times 50}{1000} = 5.58V$$

ولحساب النسبة المئوية للهبوط في الجهد: $(V.D\%) = \frac{8.5}{220} \times 100\% = 3.9\%$

وهي بالتالي نسبة أعلى من (3%)، لذلك مساحة مقطع الكابل ($10mm^2$) غير مناسب، لذلك يجب إختيار مساحة الكابل التالي (الأكبر) مباشرة في الجدول، واعادة الحسابات للتأكد من مساحة مقطع الكابل الجديد مناسب.

3-3 الموقف التعليمي الثالث: اختيار وسائل الحماية والوقاية المناسبة حسب طبيعة الحمل الكهربائيّ ولوحة التوزيع المستخدمة

وصف الموقف التعليمي:

حضر صاحب مطبعة إلى مؤسسة صيانة الآلات الصناعيّة يريد إضافة لوحة توزيع كهربائيّة جديدة للقسم الجديد في مطبعته حسب المُخطّطات المرفقة؛ ليطلبها من محل الكهرباء الَّذي يتعامل معه.

العمل الكامل:

خطوات العمل	الوصف	المنهجية	الموارد
أجمع البيانات، وأُحلِّلها	• أجمع بيانات من صاحب المطبعة عن: - طبيعة الأحمال الَّتي سيتم تشغيلها من لوحة التوزيع. - مكان تركيب اللوحة مع مراعاة شروط الحماية والوقاية الكهربائيّة. • أجمع بيانات عن: - الأحمال المرتبطة بلوحة التوزيع المراد تركيبها. - كيفية تسلسل إجراءات الحماية والتنسيق بين وسائل الحماية المختلفة. - أنواع القواطع المتوفّرة في السوق المحلي ومقرراتها الأمبيرية. - العلاقات الكهربائيّة الرياضية البسيطة المستخدمة في الحسابات للأحمال داخل اللوحات. - طرق تثبيت اللوحات الكهربائيّة ومواصفاتها المتاحة في السوق المحلي. - مواصفات تركيب لوحات التوزيع الكهربائيّة حسب مواصفات مزودي الخدمة المحلية والجهات المعنية. - وسائل الحماية والسلامة المهنيّة المتعلقة باللوحات.	• التعلم التعاوني/ العمل بمجموعات • الحوار والمناقشة / تحليل الطلب بين فريق المجموعة. • البحث العلمي.	• قرطاسية. • أوراق للتوثيق (المُخطّطات ورموزها، الكود العالميّ للرموز الكهربائيّة للقطع، كتالوجات أبعاد وحجم القطع الكهربائيّة الخاصَّة بالقواطع وأجهزة الحماية). • مواقع إلكترونيّة تعليمية وفيديوهات تتعلق بحساب الأحمال الكهربائيّة والطرق الصحيحة لتوزيعها.

أُخطِّط، وأُقرِّر	• أصنف جميع البيانات الَّتي تمّ جمعها (قدرة الاحمال، انواعها، الكوابل، نوع وسائل الحماية ومواصفاتها، انواع ومواصفات اللوحات الكهربائية) وتبويبها من خلال: - أحدد وسائل السلامة المهنيّة اللازمة. - أحدد الأدوات والعِدَد اللازمة للعمل. - اختيار الحل الأمثل لبدء العمل من خلال تحليل المعلومات الواردة سابقاً. - مقارنة الحسابات اللازمة للأحمال الكهربائيّة الكلّيّة للمصنع مع وسائل الحماية المستخدمة. - مراجعة مُخطّطات توصيل الماكينات المتعلقة بالقسم الجديد المضاف حسب طريقة تمديد الكوابل ومقرراتها الأمبيرية. - مطابقة القاطع الآلي المناسب لكل ماكينة في القسم الجديد. - اختيار الحساسيّة المناسبة للقاطع. - كتابة جدول يُبيِّن التكلفة لكل العمل. - تحديد جدول زمنيّ لإنهاء العمل.	• العمل التعاوني. • النقاش والحوار.	• قرطاسيّة. • الوثائق (كتالوجات الكوابل والقواطع الآليَّة المستخدمة وأنوعها، المُخطّطات الكهربائيّة الخاصَّة بتمديد الكابلات. • جداول تحمل الكابلات الكهربائيّة ومقرراتها). • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام. • نموذج تقدير التكاليف، جدولة الطلبات. • الشبكة العنكبوتية.
أنفّذ	• استخدام أدوات السلامة المهنيّة لإنجاز المهمة وفقاً للمعايير الفنِّيَّة وأنظمة السلامة ذات الصلة وتتضمن: - استخدام العِدَد والأدوات المناسبة للعمل. - تركيب لوحة التوزيع الكهربائيّة بالأبعاد المناسبة وحسب الكود المحلي. - تركيب القواطع الآليَّة وتثبيتها وتوصيلها بمصدر الجهد. - تشغيل اللوحة الكهربائيّة وضبط المقررات الأمبيرية لكل قاطع. - فحص مقررات الأحمال ومدى ملاءمة قواطع حماياتها.	• التعلم التعاوني. • الحوار والمناقشة. • العصف الذهني.	• أدوات السلامة المهنيّة. • صندوق عدة كامل لتثبيت القطع الكهربائيّة. • لوحات توزيع كهربائيّة وملحقاتها. • قواطع آلية ومصهرات بأنواعها. • قواطع تسرّب أرضي أحاديّة وثلاثيَّة الطور. • كتالوجات الماكينات والمُخطّطات الكهربائيّة للّوحة التوزيع.

	- التحقق من عملها من خلال اتِّباع شروط السلامة المهنيّة المتبعة محلياً ودولياً.		• الكوابل المناسبة حسب المُخطّطات الكهربائيّة وأنواعها. • أجهزة القياس الخاصَّة بالفحص والتركيب والصيانة. • أدوات قصّ وتعرية وتثبيت الكابلات في اللوحات الكهربائيّة. • مكبس كابل شوز.
أتحقَّق	• إعادة التحقق من كلّ عمليّات الاختيار والتثبيت والتركيب للقواطع واللوحة الكهربائيّة. • فحص ومقارنة مواصفات القطع المختارة مع قدرات الأحمال المتصلة بها. • فحص كفاءة التثبيت الميكانيكيّة للقواطع والأجهزة. • تشغيل اللوحة الكهربائيّة وإجراء جميع القياسات اللازمة لفحص الأحمال الكهربائيّة. • إعادة تقييم العمل والتحقق من جودة العمل. • تقييم إجراءات السلامة والاحتياطات الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار أثناء التركيب لحماية الآخرين من خطر الكهرباء. • تقييم معامل الأمان للقواطع الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار في تنفيذ المهمة.	• النقاش والحوار.	• قرطاسية. • قائمة التدقيق الخاصَّة بالتحكّم بالعمل: - شروط تركيب لوحات التوزيع الكهربائيّة وتجهيزها القياسيّة الدولية. - تعليمات السلامة المهنيّة القياسيّة الدولية الخاصَّة باللوحات الكهربائيّة ومكوّناتها. - معايير الجودة.
أوثِّق، وأقدِّم	• إنشاء ملفات خاصَّة بالمهمة. • تسليم الوثائق والمواصفات الفنِّيَّة للمسؤول. • تقديم تقرير بما تمّ إنجازه.	• النقاش والحوار بما تمّ إنجازه. • مجموعات عمل. • عرض تقديمي.	• طريقة العرض الَّتي يختارها الطلاب. • بَور بوينت (جهاز العرض).
أقوِّم	• رضى صاحب المطبعة بما يتفق مع طلبة. • المطابقة مع المواصفات والمعايير.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي.	• نماذج التقييم. • طلب الزبون.



الأسئلة:

1- أوضح الفيوز الكهربائيّ؟ وأذكر أنواعه؟

2- أقارن بين القاطع الكهربائيّ والفيوز موضحاً آلية توصيلهما مع الحمل.

3- أوضِّح تركيب قاطع التسريب الأرضيّ ومبدأ عمله (RCD).

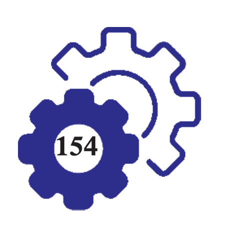
أتعلّم:

لوحة التوزيع هي النقطة الَّتي يتوزّع عندها مصدر الطاقة إلى دارات منفصلة بعضها عن بعض، بحيث يتمّ التحكّم وحماية كلّ واحدة من هذه الدارات بواسطة عناصر الحماية والوقاية والتحكّم المثبتة داخل اللوحة، ويتم تقسيم لوحة التوزيع إلى وحدات ذات وظائف محدّدة، بحيث تحتوي كلّ وحدة منها على جميع العناصر الكهربائيّة والميكانيكيّة الَّتي تساهم في أداء الوظيفة المحدّدة للوحدة على أكمل وجه. وتُعدّ لوحة التوزيع حلقة وصل أساسية في منظومة التوزيع الكهربائيّة، ويتم تصميم وتصنيع لوحات التوزيع وفق معايير ومقاييس محدّدة بحيث تلائم التطبيقات المختلفة.

وتصنع لوحات التوزيع من خزائن مصنوعة من الصلب أو البلاستيك (في حالة الأحمال أحاديّة الطور فقط) من أجل حفظ العتاد المثبت داخلها مثل القواطع والمصهرات والمرحلات وأجهزة الإشارة والبيان والقياس وغيرها، وحمايته من الصدمات الميكانيكيّة والاهتزازات والتأثيرات الخارجيّة الأخرى كالغبار والرطوبة والتشويش الكهرومغناطيسي، وكذلك من أجل حماية الأشخاص من الصدمات الكهربائيّة المباشرة وغير المباشرة.

أولاً- المصهرات وأنواعها (Fuses):

تتكوَّن المصهرات (الفيوزات) من سلك أو شريط معدنيّ (نحاسي، أو سلك مطلي بالقصدير، أو من الرصاص أو من سبيكة من الرصاص والقصدير)، وتكون ذات تحمّل قيمة تيّار محدّد، وهي قابلة للانصهار عند تعرّضها لقيمة تيّار أعلى من التيّار المقنّن، وذلك نتيجة ارتفاع درجة حرارته. وتعدّ المصهرات من وسائل الحماية التقليدية في الدوائر الكهربائيّة، والفرق بين المصهرات والقواطع، كما سيرد معنا لاحقاً، أنّ القاطع يمكن إعادة تشغيله بعد إزالة العطل، في حين أن المصهر يجب استبداله بنفس المواصفة بعد إزالة العطل، وتستخدم حاملات المصهرات المبيّنة في الشكل (1) من أجل تثبيت المصهرات بداخلها، والتي تركب مباشرة على جسر أوميغا في اللوحة الكهربائيّة لحماية الدارات المختلفة. وتستخدم عادة أنواع المصهرات الآتية في اللوحات الكهربائيّة:



-1 المصهر الخرطوشي:

تصنع المصهرات المبينة في الشكل (1) بمقررات تيّار قد تصل إلى (60A)، يكون معامل انصهارها تقريباً (In x 1.5).

حيث إنّ (In): تمثل التيّار المقنن (المقرر) للمصهر.







شكل (1): مصهر خرطوشي بالإضافة لحامل المصهرات

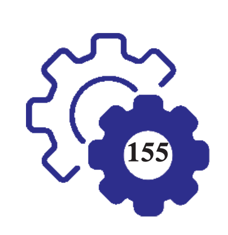
-2 المصهر السكيني:

وتصنع هذه المصهرات بمقررات تيّار عالية، أكبر من (60A) كما في الشكل (2)، كما وتتوفّر وسائل عزل مناسبة لحجم المصهرات السكينية؛ لكي تساعد في عمليّة تركيب هذه المصهرات واستبدالها عند الحاجة، كما هو مبين في الشكل (2).





شكل (2): مصهر سكيني والطريقة الآمنة لاستبدال التالف داخل لوحة توزيع



ثانياً- أنواع القواطع الكهربائيّة:

وتستخدم الأنواع الآتية من القواطع الكهربائيّة عادة في اللوحات الكهربائيّة كوسائل حماية وتحكم:

1- القاطع اليدويّ (ON/OFF):

حيث يعمل على وصل التيّار الكهربائيّ وفصله في ظروف التشغيل العادية (يتم وصله وفصله يدويّا)، ويسمى في هذه الحالة المفتاح الكهربائيّ.

القواطع: هي عبارة عن جهاز يقوم بوصل وفصل سريان التيّار الكهربائيّ عن الدائرة الكهربائيّة في ظروف التشغيل العادية وغير العادية.

2- القاطع الآلي (Circuit Breaker - CB):

حيث يعمل على وصل التيّار الكهربائيّ وفصله في ظروف التشغيل العادية وغير العادية.

القاطع الآلي: يعمل على فصل سريان التيّار الكهربائيّ آليّاً في ظروف التشغيل العادية وغير العادية.

ويستخدم في لوحات الحماية والتحكّم الكهربائيّة أنواع القواطع الآليّة الآتية:

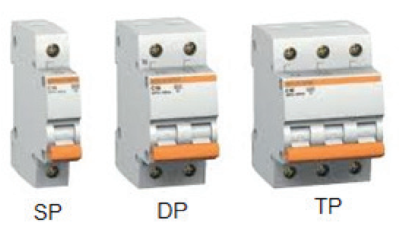
ثالثاً- القواطع الآليّة المستخدمة في لوحات التوزيع الكهربائيّة:

1- قاطع الدارة المصغَّرة (Miniature Circuit Breaker - MCB):

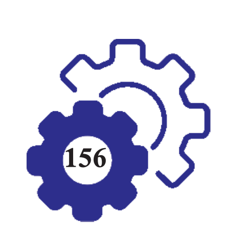
وتصنع قواطع الدارة بعدد مختلف من الأقطاب (قطب واحد SP، أو قطبين DP، أو ثلاثة TP، أو أربعة أقطاب FP) كما في الشكل (3).

قواطع الدارة المصغَّرة: هي عبارة عن جهاز يقوم بوصل الدارة الكهربائيّة وفصلها يدويّاً في ظروف التشغيل العادية، وفصل الدارة آليّاً في حالات الخطأ، وتستخدم لحماية الأحمال الكهربائيّة من التلف نتيجة حدوث دارة قصر، أو حمل زائد، أو غير ذلك من الأخطاء. وغالباً ما تستخدم في دوائر التوزيع النهائيّة.



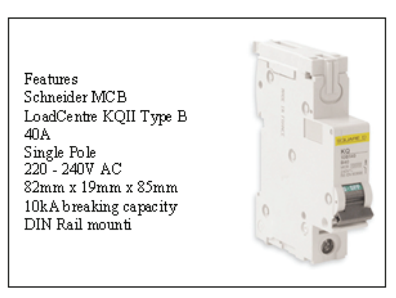


شكل (3): نماذج لقواطع دائرة آلية (MCB) (أحاديّة، ثنائية، ثلاثيّة القطب)



وعادة ما تثبت القواطع المصغَّرة (MCBs) داخل لوحات التوزيع الكهربائيّة المنزلية أو التجارية على سكة معدنيّة يطلق عليها جسر أوميجا (OMEGA) أو (DIN rail)، كما في الشكل (4).




Features
Schneider MCB
LoadCentre KQII Type B
40A
Single Pole
220 - 240V AC
82mm x 19mm x 85mm
10kA breaking capacity
DIN Rail mounti

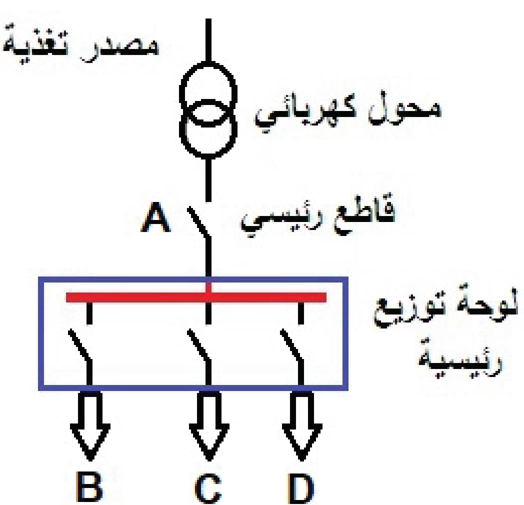


شكل (4): قواطع دارة مصغَّرة (MCB)

أ- المتطلبات العامة لأجهزة الحماية:

لكي تقوم أجهزة الحماية الكهربائية المختلفة بهذه الوظائف جميعها على أكمل وجه يجب أن تتوفر فيها عدة شروط أساسية تجعلها فعالة بشكل كبير للمحافظة على تلك التجهيزات ومنها:

- **سرعة الاستجابة:** وهو مقدار التأخير الزمني المرتبط بعنصر الحماية، حيث أن لكل عنصر حماية خواص يحدد مقدار التأخير الزمني له، ويجب التنسيق بين أجهزة الحماية من نفس النوع بحيث يكون منحنى خواص جهاز الحماية الأول أعلى من منحنى خواص جهاز الحماية الثاني (القريب من الحمل)، فمثلاً مقدار التأخير الزمني للعنصر الأول (0.5) ثانية يكون مقدار التأخير الزمني الثاني (0.1) ثانية.
- **الحساسية:** وتعرف على أنها أقل قيمة للتيار الكهربائي تؤدي إلى تفعيل عنصر الحماية.
- **الموثوقية:** ويقصد به قدرة عنصر الحماية على أداء وظيفته في الدائرة دون خلل أو فشل تحت ظروف التشغيل المختلفة ضمن العمر الافتراضي للمفتاح.
- **الإستقرار:** ويقصد به أن العنصر يعمل بشكل ثابت وطبيعي حيث أنه لا يتأثر بالأعطال التي تحدث في الدوائر الأخرى.
- **الإنتقائية أو التمييز (Discrimination):** وهو أن يتمكن العنصر الأقرب (مصهر أو قاطع أو قاطع التسرب) إلى نقطة العطل من فصل الدائرة الكهربائية دون فصل الدوائر الكهربائية الأخرى. ويبين الشكل (5) مفهوم التمييز، وفيه إذا كان زمن الاستجابة للقاطع الرئيسي (A) أعلى من زمن الاستجابة للقاطع (D)، فإن حدوث عطل عند الدائرة المتصلة بالقاطع (D) سيؤدي إلى تفعيله وفصل الدائرة المتصلة به فقط، بينما يبقى القاطع الرئيسي (A) متصل ويعمل على تزويد الدوائر الأخرى (B) و (C) بالتيار الكهربائي.



شكل (5): مخطط يوضح مفهوم التمييز



ب- المواصفات الأساسية للقواطع المصغرة:

الرقم	الرمز	الخصائص والاستخدام
1	التيار المقنن In	وهو أقصى قيمة للتيار الذي يمر خلال القاطع عند درجة حرارة معينة دون تفعيل القاطع أو تسخينه.
2	تيار الفصل اللحظي (تيار الفصل المغناطيسي) Im	وهو أقل قيمة لتيار القصر الذي يقوم بتفعيل القاطع خلال فترة قصيرة جداً تتراوح من (0.2 - 5 ثانية) وتتراوح قيمة هذا التيار من ثلاث إلى عشرة أضعاف قيمة التيار المقنن.
3	تيار الفصل التقليدي (تيار الفصل الحراري) Ir أو Irth	وهذا التيار عادة ينتج عن زيادة تيار الحمل لفترات طويلة نسبياً (أقل من ساعة)، وهو أكبر من التيار المقنن تقريباً بمرة ونصف. (Ir = 1.45 × In)
4	سعة تيار القصر Icu أو Icn	هو أقصى قيمة للتيار يمكن للقاطع فصله دون التعرض للتلف. **Icu:** تستخدم للقواطع الصناعية **Icn:** فتستخدم للقواطع المنزلية
5	الجهد المقرر Ue	وهي قيمة الجهد الكهربائي الذي يعمل عليه القاطع في الوضع الطبيعي.
6	جهد العزل Ui	وهو أعلى قيمة للجهد الكهربائي التي يستطيع القاطع أن يعزله ويجب أن يكون مساوياً أو أكبر من الجهد المقرر (Ue <= Ui).

وعند تصميم القواطع الكهربائية، يجب أن تكون معدة لتحمل تيار أكبر من تيارها الأصلي بنسب متفاوتة (110%) ولفترات زمنية مختلفة.

ج- تصنيف القواطع:

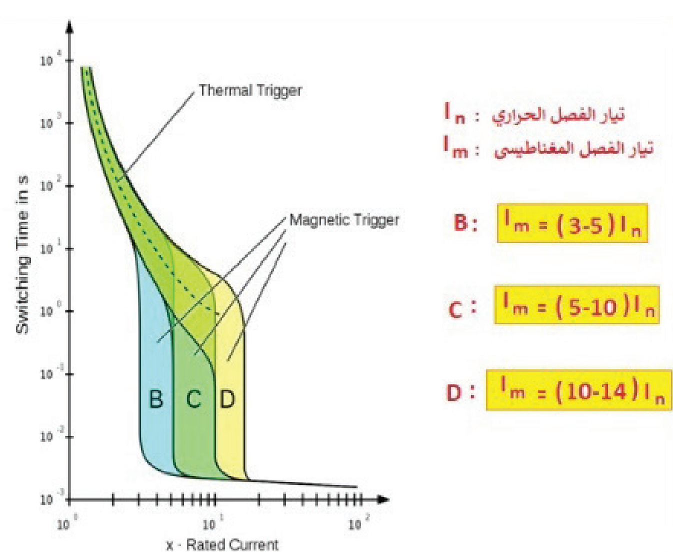
ويمكن تصنيف القواطع (أحادية وثلاثية الطور) تبعاً لخصائص القطع (خصائص الزمن والتيار) حسب مقياس (IEC) كما يلي:

الرقم	الفئة	الخصائص والإستخدام
1	A	في هذا النوع من القواطع تتم عملية الفصل مباشرة ودون تأخير في حالة الخطأ. يستخدم في التطبيقات الحساسة.
2	B	عند حدوث خطأ فإن هذا النوع من القواطع يتأخر في عملية الفصل لفترة زمنية محددة وذلك لأغراض تتعلق بالانتقائية مع قواطع أخرى. ويستخدم هذا النوع مع المولدات الاحتياطية وتستخدم أيضاً لحماية الكابلات ذات الامتدادات الطويلة. استخدامات عامة كالإنارة والتركيبات الداخلية وكذلك في الأنظمة الخالية من الحماية ضد التسريب الأرضي.

3	C	لها نفس خصائص النوع (B) ولكن زمن التأخير لها أكبر وتيار الفصل اللحظي (Im) أعلى، وتستخدم لحماية الدارة في الحالات العامة (المحركات الصغيرة).
4	D، K	تتميز بتيار فصل لحظي أكبر من فئة (C)، وتستخدم لحماية الدارات التي تحتوي على تيارات ابتدائية عالية نسبياً مثل المحركات والمحولات الكهربائية الكبيرة.
5	G	الحماية الحرارية بطيئة التحسس (يحتاج الى 10 دقائق ليفصل تياراً قدره (1.75) من التيار الإسمي).

د- ميزات قواطع الدارة المصغَّرة (MCBs):

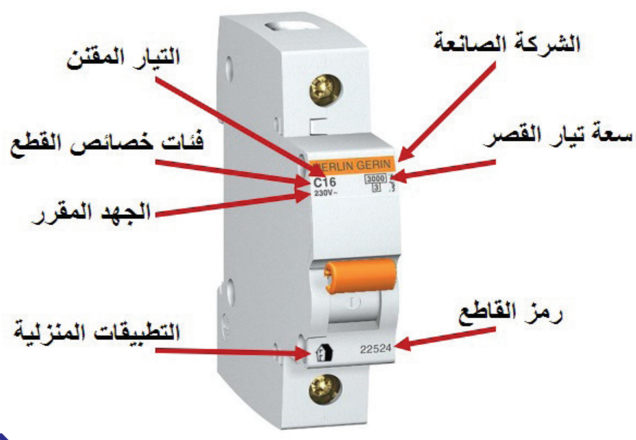
- سرعة الاستجابة لأعطال قصر الدائرة (وتتدرّج سرعتها حسب أنواعها (D/C/B/A)، كما هو مبين في الشكل (6)، حيث يعتبر نوع (A) الأسرع استجابة للاعطال.
- تحتوي على آلية فصل حراريّ في حالة زيادة تيّار الحمل (I_n)، وآلية الفصل المغناطيسي (I_m) في حالة تيّار قصر الدارة، كما في الشكل المجاور أيضاً.
- إعادة توصيلها يدويّاً عند زوال العطل المسبّب لفصل القاطع (الَّذي يعدّ ذا قيمة فصل ثابتة).
- مزوَّدة بآلية إخماد للقوس الكهربائيّ عند فصل القاطع.
- تعمل عن طريق الفصل الحراريّ أو التأثير المغناطيسي أو الاثنين معاً.



شكل (6): منحنى خصائص القطع لقواطع (MCB)

- تتميّز بكفاءة واعتمادية عالية وسهولة في التركيب وصغر في الحجم.
- مناسبة جداً للاستخدامات المنزلية والتجارية.
- لها سعة تيّار قصر لحظي (Short Circuit Breaking Capacity) أقلّ من القواطع المقولبة (مثلاً 6KA أو 10KA).
- تتوفّر بقيم تيارات (100A، 36A 50A، 40A، 32A، 25A، 20A، 16A، 13A، 10A، 6A، 4A، 3A، 2A، 1A)

ويبين الشكل (7) مواصفات قاطع (MCB).



شكل (7): مواصفات قاطع (MCB)

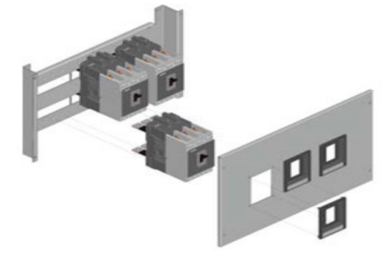


هـ- قواطع الدارة الرئيسيّة والفرعيّة:

تزوّد قواطع الدائرة بوسيلة حماية مغناطيسية لحماية الأحمال الكهربائيّة عند حدوث قصر (Short Circuit) في الدائرة الكهربائيّة، وكذلك قد تزوّد أيضاً بوسيلة حماية حراريّة لحماية الأحمال الكهربائيّة من أخطار ارتفاع قيمة التيّار (Over Current) الساري فيها عن التيّار المقرر. وتستخدم القواطع الآليّة في لوحات التوزيع الرئيسيّة كمفتاح رئيسيّ، وكذلك تستخدم كمفاتيح فرعيّة للّوحة تغذّي لوحات التوزيع الفرعيّة، ويكون عدد الأطوار للمفتاح الرئيسيّ مساوياً لعدد أطوار مصدر التغذية. ويتم تركيب قواطع الدائرة في اللوحات على الجسر مباشرة دون الاستعانة بأدوات تركيب وتثبيت، وتزوّد هذه القواطع بمشبك خلفي يركّب مباشرة على جسر اللوحة، ويُبيّن الشكل (8) بعض أنواع هذه القواطع.



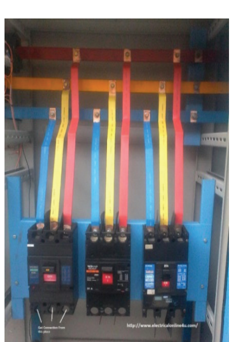
شكل (8): قواطع دائرة آلية مختلفة من النوع الّذي يركّب على جسر



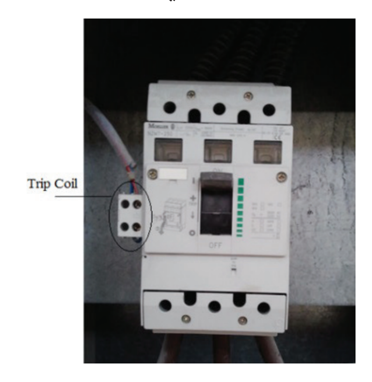
وبالنسبة للقواطع الآليّة الكبيرة، يمكن تركيبها على لوحة مشبكيّة أو على لوحات دعاميّة، وعند تصميم القواطع الكهربائيّة يجب أن تكون مُعدّة لتحمل تيّاراً أكبر من تيارها الأصلي، بنسب متفاوتة تصل إلى حوالي (110%) من تيارها المقرر، ولكن لفترات زمنيّة قصيرة.

2- القواطع الآليّة المقولبة (Moulded Case Circuit Breakers - MCCB's):

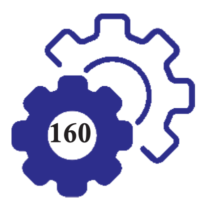
تستخدم القواطع المقولبة (MCCB)، في دوائر التوزيع الرئيسيّة والفرعيّة بمقررات أمبيرية حوالي (100A) فأعلى وتمتاز بسعتها العالية للتيّار، حيث يصل تيارها المقنن إلى (1600A) أو أكثر، كما في الشكل (9).





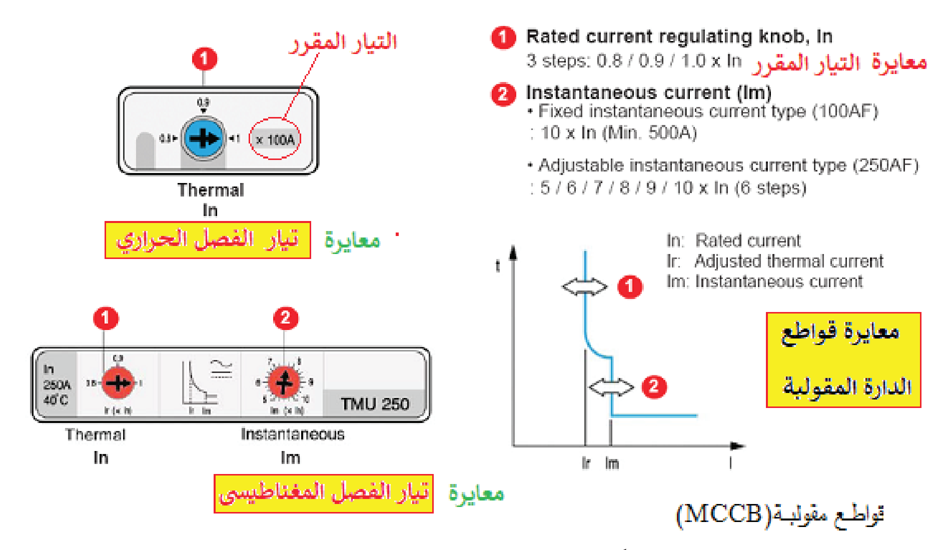


شكل (9): نماذج لقواطع مقولبة (MCCB)



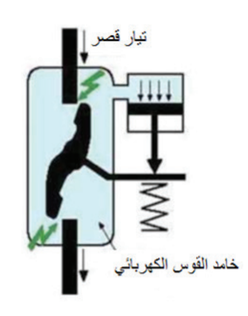
ميزات القواطع الآليّة المقولبة (MCCB):

- يحتوي ذراع المفتاح على ثلاثة أوضاع: (Trip ،OFF ،ON)، حيث يتمّ تفعيل وضعية (Trip) عند حدوث عطل في الدائرة المتصلة في القاطع، وفيه يكون الذراع في منتصف المسافة بين وضعية (ON وOFF).
- يمكن ضبط قيمة تيّار (MCCB) لتتناسب مع تيّار الحمل (متغيرة القيمة)، كما في الشكل (10)، (تضبط عى احدى ثلاث قيم 1.0، 0.8، 0.9). من قيمة التيّار المقرر (I_n) للقاطع المقولب.
- يمكن ضبط قيمة تيّار الفصل الحراريّ ومعايرته (I_n) وكذلك ضبط قيمة تيّار الفصل المغناطيسي ومعايرته (I_m)، كما هو مبين أدناه.
- مناسبة جداً للاستخدامات المنزلية والتجارية والصناعيّة.
- يتوفّر حالياً في الاسواق قيم تيارات لها (16A، 20A، 25A، 32A، 40A، 50A، 63A، 80A، 100A)، وذلك حسب رقم الإطار (Frame) المستخدم.
- وكذلك هناك إطار من نوع آخر بقيم تيارات (100A، 125A، 160A، 180A، 200A، 225A).



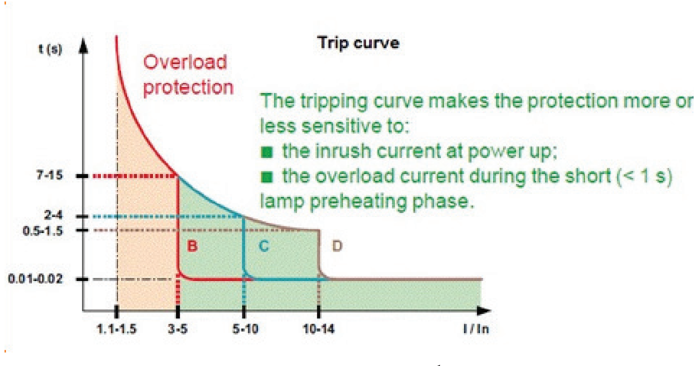
شكل (10): معايرة قواطع (MCCB)

- إمكانية إضافة أجزاء إضافية، مثل ملف فصل (Trip Coil) للمساعدة في التحكّم بفصل القاطع عن بعد.
- مزود بنظام (Roto-Active Breaking) الّذي يعمل على استخدام الطاقة الناتجة عن القوس الكهربائيّ المتولد في إحداث ضغط على ذراع القاطع لفصل المتلامسات، كما في الشكل (11).
- تعطي حلول متكاملة لمشاكل التمييز.



شكل (11): نظام (Roto-Active Breaking)

- إمكانية إضافة وتوصيل أجزاء ثانوية (ريش) معها لأداء مهمات متنوعة متعدّدة (Auxiliary Functions).
- لها سعة تيّار قصر لحظي (I_{cu}) يتراوح ما بين (10KA - 200KA)، وهذا العامل قد ينعكس على سعر القاطع بشكل كبير.
- يتوفّر له خصائص قطع، كما في الشكل (12):



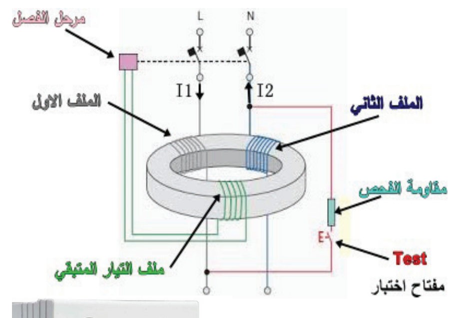
شكل (12): خصائص القطع لقاطع (MCCB)

3- قاطع التسرّب الأرضيّ/ الارث ليكيج (RCD):

قاطـع التسـرّب الأرضـيّ: عبـارة عـن جهـاز يحتـوي علـى طرفين، يوصـلان مع نظـام التأريض ويقـوم بالتحسـس والاكتشـاف المباشـر لأي تيّار تسـرّب مـار خلالـه من الأجهـزة إلـى الأرض.

من الضـروريّ استعمال قاطـع الحماية ضـد التسـريب في جميـع لوحـات المنـازل أو العمـارات السـكنية وخلافهـا مـن المصانـع والـورش الصناعيّـة.

هـذا القاطـع يسـتخدم لكشـف أي تسـرّب للتيّار إلى الأرضـيّ، سـواء أكان هـذا التسـرّب عـن طريـق عـازل الأسـلاك، أو عـن طريـق أي خطـأ قـد ينشـأ فـي التوصيـلات الكهربائيّـة، أو حتى عنـد حـدوث صدمـة كهربائيّـة جهـاز تيّـار التسـريب الفرقـي (Residual Current Device - RCD)، يعمـل عـن طريـق الإحسـاس بفـرق التيّـار ($I_{\Delta n}$) بيـن تيّـار الطـور (L)، وتيـار الخـط المتعـادل (N) المارّيـن خلالـه، كمـا فـي الشـكل (13).



شكل (13): مبدأ عمل وشكل قاطع التسرب الأرضي

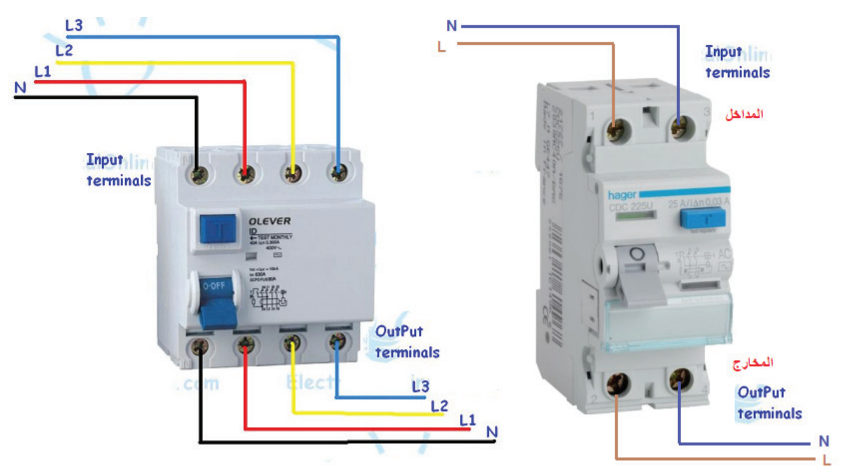
ويتـم تفعيـل القاطـع إذا تعـدّت قيمـة تيّـار الفـرق قيمـة حساسـيّة قاطـع التسـرّب الأرضـيّ المسـجّلة علـى جسـمه (30mA). ويتوفّـر منـه نوعـان حسـب نـوع مصـدر التغذيـة (أحـاديّ أم ثلاثـي الطـور)، كذلـك بمقـررات أمبيريـة (25A، 32A، 40A، 63A، ...).

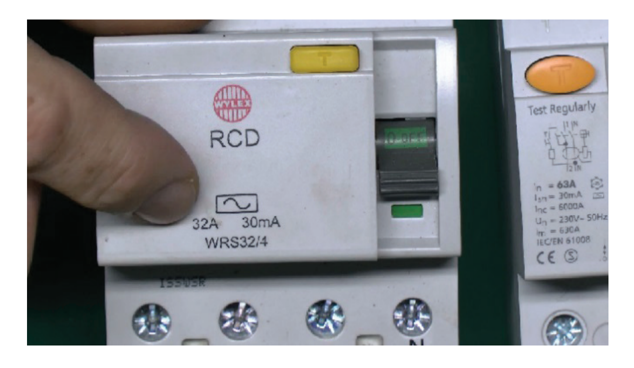


حساسيّة قاطع التسريب الأرضيّ (جهاز تيّار التسريب الفرقي):

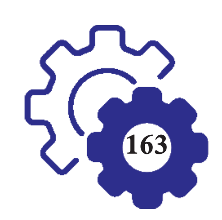
الرقم	الحساسية	الخصائص والاستخدام
1	حساسية (0.03A) (30mmA)	أي أن أي تسرب للتيار بمقدار (0.03A) يجعل قاطع التسرب الأرضي يفصل التيار، وتستعمل للسكن والمكاتب والمدارس وغيرها من البنايات، وتكون قيمة تيار التسرب هذا في حالة الصدمة الكهربائية غير ذات خطورة على حياة الإنسان.
2	حساسية (0.3A) (300mmA)	والتي قد تستعمل للمصانع وغرف التدفئة وغيرها من الأماكن التي يمكن أن تكون أكثر تعرضاً لتسرب التيار ويمكن أن يتحمل جسم الإنسان هذا التسرب في التيار في حالة الصدمة الكهربائية إذا كان الإنسان محتاطاً لذلك كأن يكون غير مبتلاً ويلبس حذاءاً معزولاً في رجليه طبعاً.
3	حساسية (0.01A) (10mmA)	والتي قد تستخدم في برك السباحة التي يتم توفير إضاءة لها داخل البرك ذاتها، وبالتالي فهي قواطع تسرب أضي ذات حساسية عالية جداً نظراً لخطورة الأمر الذي قد يحدث لأي تسرب أرضي.

ويُبيِّن الشكل (14)، مواصفات مفاتيح تسرّب أرضي حسب كتب البيانات للشركات الصانعة وطريقة توصيلهما.





شكل (14): مفتاح تسرّب أرضي أحاديّ الطور وثلاثي الطور وبياناتها ورموزها وأبعادها



4-3 الموقف التعليمي الرابع: تركيب وسائل الحماية والوقاية المناسبة في لوحات التوزيع الكهربائيّة

وصف الموقف التعليمي:

حضر صاحب مخيطة إلى مؤسسة صيانة الآلات الصناعيّة يريد تركيب لوحة توزيع كهربائيّة جديدة للقسم الجديد في مخيطته، ويريد من المؤسسة أن تحدِّد له نوع ومواصفات اللوحة الَّتي تلزم (حسب المُخطّطات المرفقة، وإبعاد عناصر الوقاية والحماية القياسيّة والمستخدمة فيها) وتشغلها وتفحّصها.

العمل الكامل:

خطوات العمل	الوصف	المنهجية	الموارد
أجمع البيانات، وأُحلّلها	• أجمع بيانات من صاحب المخيطة عن: – طبيعة القسم الجديد في المخيطة. – مكان تركيب اللوحة مع مراعاة شروط الحماية والوقاية في تركيب اللوحات الكهربائيّة. • أجمع البيانات عن: – الأحمال المرتبطة بلوحة التوزيع المراد تركيبها. – كيفيه تسلسل إجراءات الحماية والتنسيق بين وسائل الحماية المختلفة. – أنواع القواطع المتوفّرة في السوق المحلي، ومقرراتها الأمبيرية. – العلاقات الكهربائيّة الرياضية البسيطة المستخدمة في الحسابات للأحمال داخل اللوحات. – طرق تثبيت اللوحات الكهربائيّة ومواصفاتها المتاحة في السوق المحلي. – مواصفات تركيب لوحات التوزيع الكهربائيّة حسب مواصفات مزوّدي الخدمة المحلية والجهات المعنية. – وسائل الحماية والسلامة المهنيّة المتعلقة باللوحات.	• العمل في مجموعات. • مناقشة وتحليل المهمة بين فريق المجموعة. • الخروج للموقع (زيارة ميدانيّة) ومعاينة اللوحة. • النقاش مع الزبون بطريقة لعب الأدوار لتحديد طلبه وأخذ وثائق وكتالوجات الماكينات.	• أوراق ونماذج للتوثيق. • جهاز كمبيوتر. • شبكة الإنترنت. • كتالوجات الماكينات والمُخطّطات الكهربائيّة للّوحة التوزيع. • كتالوجات أبعاد وحجم القطع الكهربائيّة الخاصَّة بالقواطع وأجهزة الحماية. • مواقع إلكترونيّة تعليمية وفيديوهات تتعلق بتركيب القواطع الكهربائيّة والطرق الصحيحة لتوزيعها داخل اللوحات.

أُخطِّط، وأُقرِّر	• أصنف جميع البيانات (وسائل الحماية والوقاية ومواصفاتها وابعادها وطريقة معايرتها، تركيبها وتثبيتها في اللوحات الكهربائية) وتبويبها: – أحدد الأدوات والعِدَد اللازمة للعمل. – اختيار الحل الأمثل لبدء العمل من خلال تحليل المعلومات الواردة سابقاً. – اختيار اللوحة المناسبة. – مقارنة الحسابات اللازمة للأحمال الكهربائيّة الكلّيّة للمصنع مع وسائل الحماية المستخدمة. – مراجعة مُخطّطات توصيل الماكينات المتعلقة بالقسم الجديد المضاف حسب طريقة تمديد الكوابل ومقرّراتها الأمبيريّة. – مطابقة القاطع الآليّ المناسب لكل ماكينة في القسم الجديد. – اختيار الحساسيّة المناسبة للقاطع. – كتابة جدول يُبيِّن التكلفة لكل العمل. – أحدد جدول زمنيّ لتنفيذ العمل.	• عمل الفريق والنقاش والحوار. • التعلم التعاوني.	• قرطاسيّة. • أدوات السلامة المهنيّة. • كتالوجات الكوابل والقواطع الآليَّة المستخدمة وأنوعها. • المُخطّطات الكهربائيّة الخاصَّة بتمديد الكابلات. • جداول تحمل الكابلات الكهربائيّة ومقرراتها. • جدول العِدَد والأدوات المناسبة للعمل. • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام • نموذج تقدير التكاليف. • الشبكة العنكبوتيّة.
أُنفّذ	• استخدام أدوات السلامة المهنيّة لإنجاز المهمة، وفقاً للمعايير الفنِّيَّة وأنظمة السلامة ذات الصلة: – استخدام العِدَد والأدوات المناسبة للعمل. – تركيب لوحة التوزيع الكهربائيّة بالأبعاد المناسبة وحسب الكود المحلي. – تركيب القواطع الآليَّة ووسائل الحماية، وتثبيتها حسب المُخطّطات. – توصيل القواطع الآليَّة بمصدر الجهد. – تشغيل اللوحة الكهربائيّة وضبط المقررات الأمبيرية لكل قاطع. – فحص مقررات الأحمال ومدى ملاءمة قواطع حمايتها. – التحقق من عملها من خلال اتِّباع شروط السلامة المهنيّة المتّبعة محليّاً ودوليّاً.	• التعلم التعاوني. • الحوار والمناقشة. • العصف الذهني.	• أدوات السلامة المهنيّة. • صندوق عدة كامل. • أدوات قصّ وتعرية وتثبيت الكابلات في اللوحات الكهربائيّة. • أدوات تجهيز أطراف الكابلات. • كابل شوز مناسبة لمساحة مقطع الكابل المستخدمة. • لوحات توزيع كهربائيّة وملحقاتها وابعادها. • قواطع آلية بأنواعها. • قواطع تسرّب أرضي أحاديّة وثلاثيّة الطور. • المُخطّطات الكهربائيّة المطلوبة. • الكوابل المناسبة حسب المُخطّطات الكهربائيّة وأنواعها. • أجهزة القياس المناسبة.

أتحقَّق	• إعادة التحقق من كلّ عمليّات الاختيار والتثبيت والتركيب للقواطع واللوحة الكهربائيّة. • فحص مواصفات القطع المختارة ومقارنتها مع قدرات الأحمال المتصلة بها. • فحص كفاءة التثبيت الميكانيكيّة للقواطع والأجهزة. • تشغيل اللوحة الكهربائيّة وإجـراء جميع القياسات اللازمة لفحص الأحمال الكهربائيّة. • إعادة تقييم العمل والتحقق من جودة العمل. • تقييم إجـراءات السلامة والاحتياطات الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار أثناء التركيب لحماية الآخرين من خطر الكهرباء. • تقييم معامل الأمـان للقواطع الَّتي تمّ أخذه بعين الاعتبار في تنفيذ المهمة.	• النقاش والحوار. • التعلم التعاوني.	• قائمة التدقيق الخاصَّة بالتحكّم بالعمل. • جداول تحمل الأسلاك والكابلات القياسيّة الدولية. • كـتـالـوجـات الـقـواطـع ووسـائـل الحماية القياسيّة العالميّة. • معايير الجودة الخاصة بالعمل.
أُوثِّق، وأقدم	• إنشاء ملفات خاصَّة بالمهمة. • تسليم الوثائق والمواصفات الفنِّيّة للمسؤول. • تقديم تقرير مفصَّل عن التكلفة بما تمّ إنجازه.	• النقاش الجماعي بما تمّ إنجازه. • عرض تقديمي.	• جهاز حاسوب. • جهاز عرض. • اقلام وقرطاسية.
أُقوم	• رضى صاحب المخيطة بما يتفق مع طلبة. • المطابقة مع المواصفات والمعايير.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي.	• نماذج التقييم. • طلب الزبون.

الأسئلة:

1- أعطِ أمثلة على أنواع اللوحات الكهربائيّة المختلفة، وأهمّ مكوّناتها.

2- أفسِّر كيف يتمّ اختيار أبعاد قضبان التوزيع العمومية (بسبار).

3- أعطِ أمثلة على العناصر الَّتي يتمّ استخدامها كملحقات في تركيب عناصر لوحات التوزيع الكهربائيّة.

4- أوضِّح المقصود بلوحات التوزيع ذات الاستخدامات الخاصَّة.



أتعلّم:

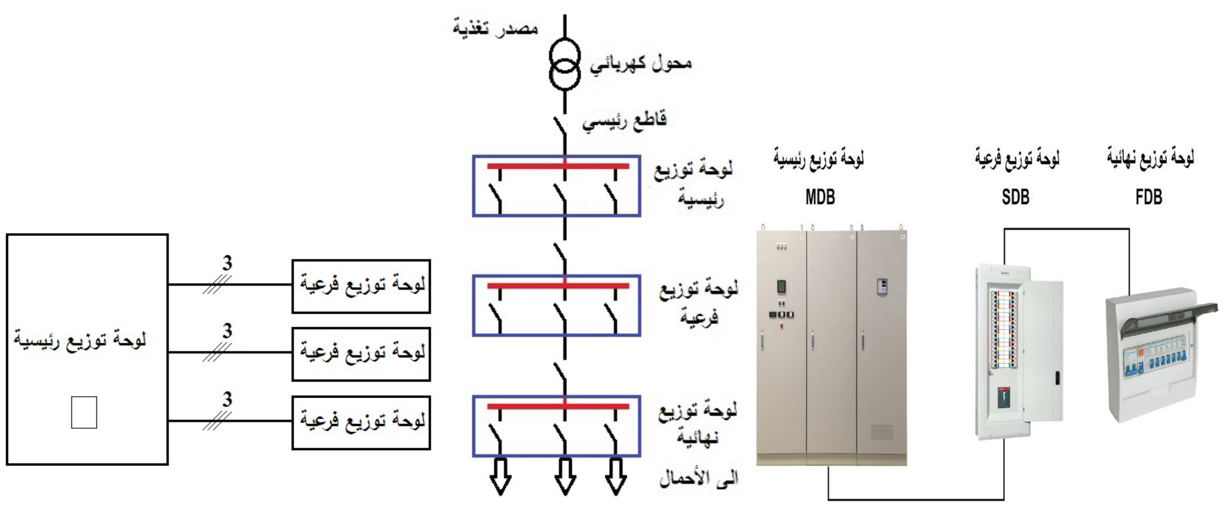
أولاً- أنواع لوحات التوزيع الكهربائيّة:

قد تختلف لوحات التوزيع حسب نوع العمل، أو التطبيق المراد استخدامها فيه، أو حسب مبدأ التصميم المعتمد في عمليّة التصنيع وخاصّة في عمليّة ترتيب قضبان التوزيع (Bus Bars)، ويمكن تقسيم لوحات التوزيع، كما هو مبين في الشكل (1)، إلى الأنواع الرئيسيّة حسب الحمل أو الوظيفة إلى الآتي:

1- لوحات توزيع رئيسيّة (**M**ain **D**istribution **B**oards - **MDB**).

2- لوحات توزيع فرعيّة (**S**ub **D**istribution **B**oards - SDB).

3- لوحات توزيع نهائيّة (**F**inal **D**istribution **B**oards - FDB).

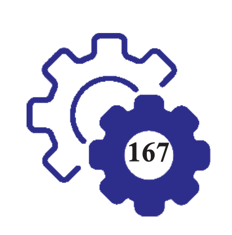


شكل (1): أنواع اللوحات بالإضافة لمُخطّط ربط لوحة توزيع رئيسيّة مع لوحات فرعيّة ونهائيّة

ويُبيِّن الشكل (2) لوحة توزيع رئيسيّة (100A) لمبنى مكون من عدة طوابق.



شكل (2): لوحة توزيع رئيسيّة (100A) لمبنى مكون من عدة طوابق



وهناك أنواع أخرى من اللوحات الكهربائيّة ذات الاستخدامات الخاصّة (الوظيفية) مثل:

1. لوحات التحكّم بالمحرِّكات (**Motor Control Center - MCC**).
2. لوحات أجهزة التكييف والتبريد.
3. لوحات المصاعد.
4. لوحات التحكّم بالعمليّات الصناعيّة.
5. لوحات تحسين معامل القدرة، كما في الشكل (3).

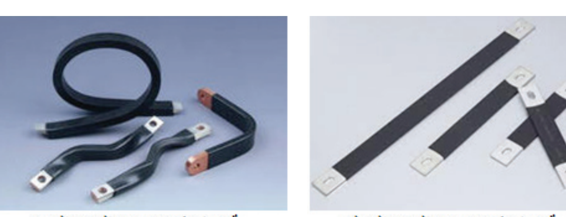


شكل (3): لوحة توزيع تحتوي صندوق مكثّفات لتحسين معامل القدرة

ثانياً- مكوّنات لوحات التوزيع:

1- مكونات لوحات التوزيع الرئيسيّة، تتكون من الأجزاء الآتية:

أ- قضبان توزيع رئيسيّة تعتمد سعتها على تيّار الأحمال، منها ما هو صلب، ومنها ما هو مرن، وتصنع موصلاتها من الألمنيوم أو النحاس، كما في الشكل (4).



شكل (4): أنواع قضبان التوزيع الرئيسية



ويُبيِّن الجدول (1) تحمّل قضبان التوزيع المصنوعة من الألمنيوم أو النحاس للتيّار الكهربائيّ

جدول (1): قضبان التوزيع وتحمّلها للتيّار الكهربائيّ

Current Ratings For Bus bar Rectangular Solid Current Ratings (Amps) : (50C°) Rise Over (35C°) Ambient					
(Bus Bar Size) قضبان التوزيع (mm)	**(Aluminum) ألمنيوم**				**(Copper Single Bar) نحاس**
	Single Bar	Two Bar	Three Bar	Four Bar	
12.5×3	-	-	-	-	160
25×3	-	-	-	-	290
50×3	335	650	850	950	525
75×3	475	875	1150	1300	750
100×3	600	1075	1400	1600	970
12.5×4.5	125	260	315	370	205
25×4.5	225	525	635	750	365
32×4.5	320	660	800	940	515
50×4.5	500	970	1270	125	650
25×6	350	700	990	1000	430
50×6	675	1300	1700	1925	760
75×6	950	1750	2300	2600	1080
100×6	125	2150	2800	3200	1380
125×6	1500	2500	3200	3700	1680
25×10	-	-	-	-	540
50×10	85	1500	1950	2250	960
75×10	1180	2050	2650	3000	1350
100×10	1500	2475	3150	3550	1710
125×10	1850	2925	3600	4200	2070

ب- ألواح (هياكل) من الحديد الصلب، ويبلغ أقصى ارتفاع لها (2.2) متر.

ج- القواطع الكهربائيّة الرئيسيّة (MCCB).

د- عـوازل قضبـان توزيـع (Bus Bar Insulator): حيـث تسـتخدم هـذه العـوازل لعـزل قضبـان التوزيـع عـن هيـكل اللوحـة الكهربائيّـة.



عوازل قضبان توزيع داخل لوحة



عوازل قضبان توزيع

شكل (5): عوازل قضبان التوزيع

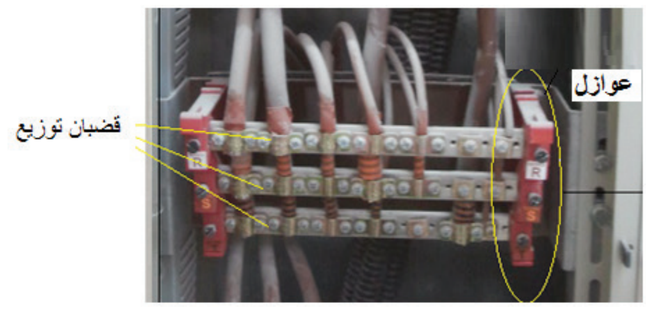


2- مكونات لوحات التوزيع الفرعيّة:

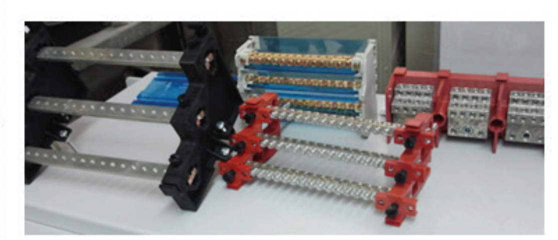
تعمل لوحات التوزيع الفرعيّة على توزيع التيّار الكهربائيّ من خلال ربط اللوحة الرئيسيّة بلوحات التوزيع النهائيّة، ومن ثمَّ إلى الأحمال.

تتكوَّن لوحات التوزيع الفرعيّة من الأجزاء الآتية:

أ- قضبان توزيع تعتمد سعتها على تيّار الأحمال، وقد تصل إلى (2000A)، وتحمل على عوازل خاصّة تثبت داخل اللوحة الكهربائيّة، الشكل (6).



قضبان توزيع فرعية داخل لوحة كهربائية



قضبان توزيع فرعية محمولة على عوازل

شكل (6): قضبان توزيع فرعيّة داخل لوحة كهربائيّة

ب- ألواح من الصلب أو البلاستيك المقوى، وغالباً ما يكون ارتفاعها (1) متر.

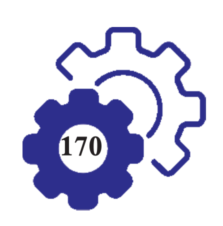
ج- قواطع مصغَّرة (MCB):

3- لوحات توزيع نهائيّة:

هذه اللوحات تسبق الأحمال الكهربائيّة، وتوفّر عناصر وأجهزة الحماية اللازمة لها كما في الشكل (7).



شكل (7): لوحة توزيع نهائية



ثالثاً- تجميع لوحات التوزيع الرئيسيّة:

تحتاج عمليّة تجميع اللوحات الكهربائيّة كما ذكرنا سابقاً إلى قدر من المعرفة عن أنواع ومكوّنات اللوحات، وتمر عمليّة التجميع بالخطوات الآتية:

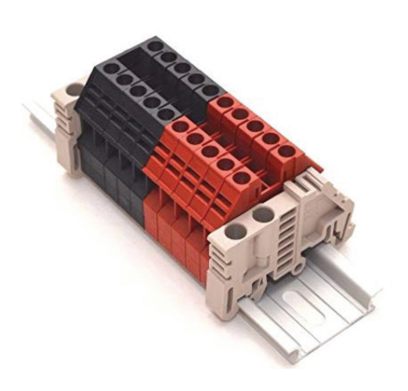
1- إعداد المُخطّط الَّذي يتمّ عادة من قبل المهندس المختص.
2- قراءة المُخطّطات، وهذا يتطلّب معرفة الرموز الكهربائيّة المستخدمة وأنواع المُخطّطات.
3- عمل جدول بالموادّ والأجهزة المطلوبة مع مراعاة المواصفات المطلوبة.
4- تجهيز الموادّ اللازمة ومطابقة المواصفات.
5- عمل مُخطّط تنفيذي للّوحة من حيث الأبعاد وتوزيع مكوّنات اللوحة بالطريقة الَّتي تتلاءم ومصدر التغذية والأحمال، بطريقة تسهل تركيبها وصيانتها.
6- تجهيز جسم أو هيكل اللوحة، وهناك أنواع: منها ما هو جاهز بمواصفات معينة، ومنها ما يتمّ تجهيزه بناء على الطلب.
7- تثبيت عناصر اللوحة حسب المُخطّط التنفيذي.
8- تجميع عناصر اللوحة باستخدام الأسلاك المناسبة مع الترتيب وشدّ البراغي بشكل جيد.
9- التأكّد من صحة التوصيل.
10- إجراء الفحوصات اللازمة (فحص الاستمرارية وفحص العزل).

رابعاً- ملحقات لوحات التوزيع:

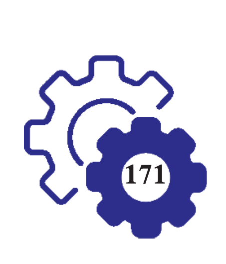
يوجد منها أنواع كثيرة تختلف باختلاف نوع اللوحة، وفيما يأتي بعضها:

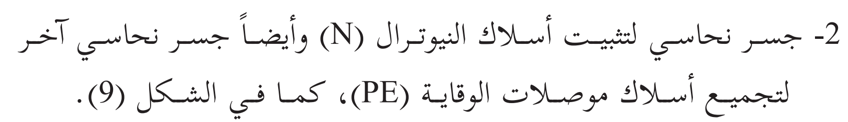
1- شعب النهايات (Terminal Blocks)، كما في الشكل (8).

يتم اختيار الحجم المناسب منها على حسب مكان التركيب في لوحة التوزيع، ويجب مراعاة المتانة الميكانيكية، وكذلك جودة العزل، حيث أنه سيتم توصيل عدد كبير من الأسلاك والكابلات لتلك الأطراف ومن ثم توصيلها الى الأحمال.

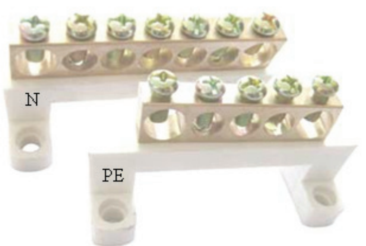


شكل (8): شعب النهايات



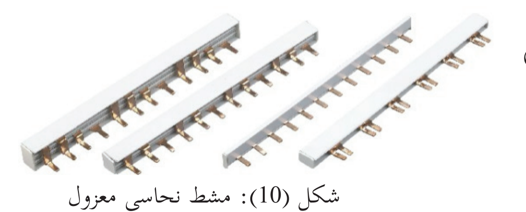


2- جسر نحاسي لتثبيت أسلاك النيوترال (N) وأيضاً جسر نحاسي آخر لتجميع أسلاك موصلات الوقاية (PE)، كما في الشكل (9).



شكل (9): جسر نحاسي

3- مشط نحاسي معزول (جسر الفازات) من أجل تجميع القواطع الآليّة أحاديّة الطور وثلاثيَّة الطور، كما في الشكل (10).



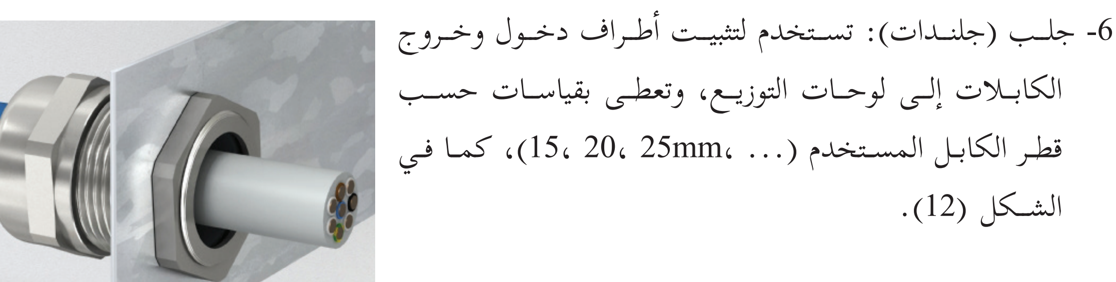
شكل (10): مشط نحاسي معزول

4- مروحة تبريد مع فلترات هواء من أجل منع دخول الغبار والأتربة والرطوبة مع توفّر نظام تهوية جيد.

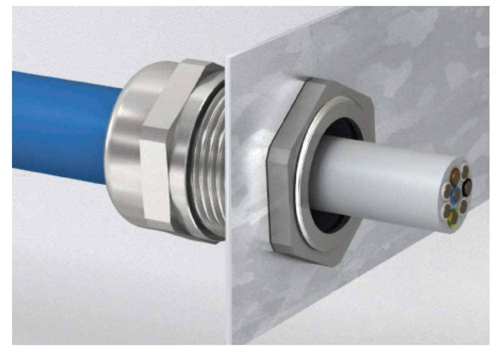
5- لوازم من أجل الربط والتثبيت (Electric Panel Accessories) (أحذية الكابل- Cable Shoes)، كما في الشكل (11).



شكل (11): أحذية الكابلات

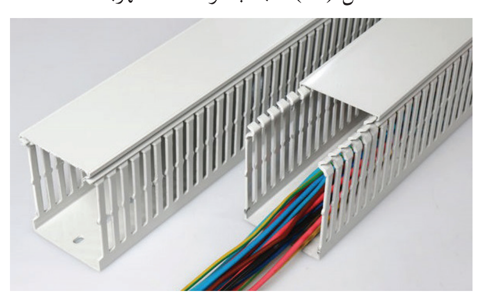


6- جلب (جلندات): تستخدم لتثبيت أطراف دخول وخروج الكابلات إلى لوحات التوزيع، وتعطى بقياسات حسب قطر الكابل المستخدم (... ،15، 20، 25mm)، كما في الشكل (12).

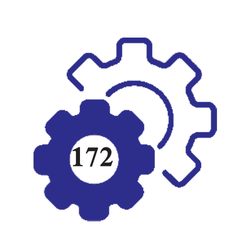


شكل (12): جلب لوحات الكهرباء

7- مجارٍ بلاستيكية لتثبيت الأسلاك داخل اللوحة، كما في الشكل (13).

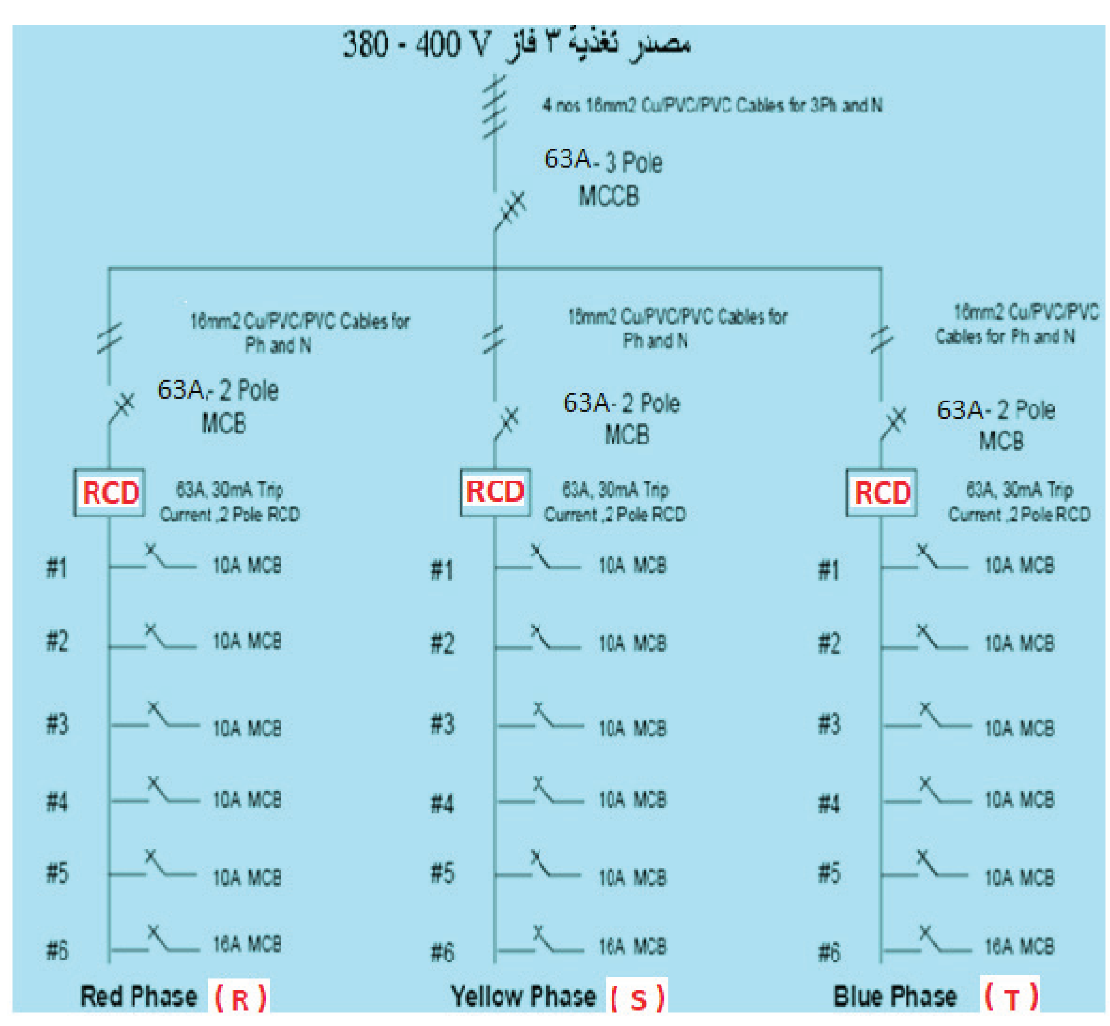


شكل (13): مجاري بلاستيك



خامساً- المُخطّط التنفيذي للوحات التوزيع الكهربائيّة:

حيث يتمّ توزيع عناصر أو مكوّنات اللوحة بشكل مبدئي مع مراعاة ترتيب الأجزاء بشكل يسهّل تركيب اللوحة وتوصيلها مع المصدر والدوائر الكهربائيّة المتعلقة بها (الأحمال)، وأيضاً يجب مراعاة قواعد السلامة والأمن عند توزيع عناصر اللوحة، حيث يكون الجزء السفلي للّوحة مغلقاً، بعد ذلك يتمّ عمل المُخطّط النهائيّ للّوحة بأبعادها الحقيقية حسب أبعاد القطع المستخدمة، التي يمكن إيجادها في كتالوجات الشركات الصانعة بسهولة، ويجب الإشارة هنا إلى أنه يجب الأخذ بعين الاعتبار التوسعات المستقبلية، بحيث يترك فراغاً في اللوحة (لا يقل عن 25% - 20%) لمثل هذا الأمر. ويُبيِّن الشكل (14) مُخطّطاً أحاديّ الخط للّوحة توزيع ثلاثيَّة الطور.



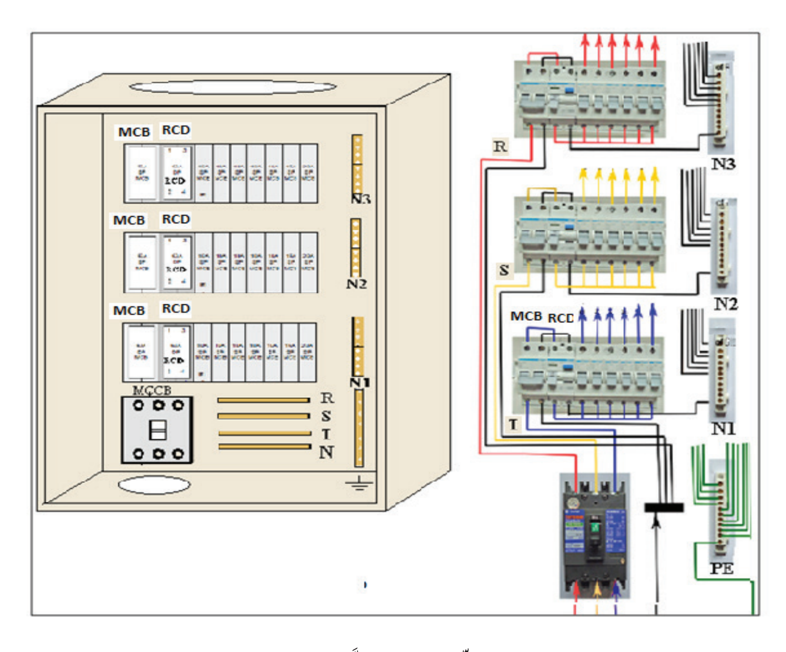
شكل (15): المُخطّط أحاديّ الخط للّوحة توزيع ثلاثيَّة الطور

ويتم إعداد جدول بالموادّ المطلوبة وتحديد مواصفاتها وكمياتها، الجدول (2)، ويتم بعدها رسم مُخطّط تنفيذي للّوحة التوزيع الكهربائيّة المطلوبة حسب الشكل (15).

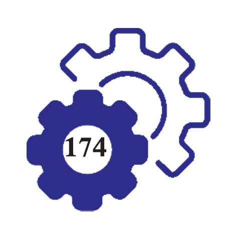
جدول (2): جدول مواصفات الموادّ المطلوبة تركيبها في لوحة التوزيع وكمياتها

اسم المادة	الكمِّيَّة	المواصفات
لوحة حديدية	1	80 x 100 x 25
مفتاح MCCB	1	60A, 3 Pole
مفتاح MCB	3	63A, 3 Pole
قاطع ضد التسريب الأرضيّ RCD	3	2 × 63/ 0.03A DP
قاطع آلي MCB	15	10 A (SP)
قاطع آلي MCB	3	16 A (SP)
لوحة كهربائيّة بلاستيكية	1	سعة (12) قاطع مقاومة للحريق (IP41)
جسر تجميع BUS BAR	3	63 A
جسر تجميع خطّ الأرضيّ	1	10براغي
جسر تجميع خطّ النيوترال	4	10براغي
كابل	2 متر	$4 \times 16\ mm^2$/ PVC
أسلاك توصيل مفردة	2 متر	$2 \times 16\ mm^2$/ PVC

والشكل (15)، يُبيِّن المُخطَّط التنفيذي داخل لوحة التوزيع ثلاثيَّة الطور وأماكن تموضعها في اللوحة.



شكل (15) :المُخطَّط التنفيذي للَّوحة توزيع ثلاثيَّة الطور



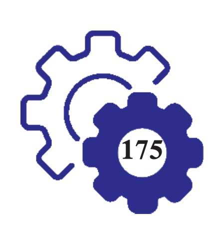
5-3 الموقف التعليمي الخامس: تركيب نظام تأريض للوحات التوزيع والأحمال الكهربائية لمصنع

وصف الموقف التعليمي:

حضر صاحب مصنع ورق إلى مؤسسة صيانة الآلات الصناعيّة يريد أن يركِّب نظام تأريض كامل (لبركس/ لمصنع) لصناعة الورق، ويريد من المؤسسة أن تتأكد من موافقة النظام لإجراءات السلامة والأمان لتقوم الجهات المعنية بعدها بإيصال تيار الخدمة للمصنع.

العمل الكامل:

خطوات العمل	الوصف	المنهجية	الموارد
أجمع البيانات، وأُحلِّلها	• أجمع بيانات من صاحب المصنع عن طبيعة المكان المراد تركيب نظام التأريض فيه، وأحلِّل طلبه. • أجمع بيانات عن: – مبدأ عمل المصنع. – موقع كلّ ماكينة. – كوابل الحماية الكهربائيّة الخاصَّة بالحماية من تيّار التسرّب الأرضيّ وكوابل التأريض والكود العالميّ لها. – طرق التأريض المختلفة المستخدمة في المصانع. – مواصفات حفرة التأريض ومكوّناتها. – طرق تمديد كوابل التأريض الكهربائيّة المتاحة في السوق المحلي ومواصفاتها. – ما هو متوفّر في السوق المحلي من كوابل وصلات أطراف كوابل التأريض وملحقاتها. – وسائل الأمان والسلامة المهنيّة المتعلقة بوسائل تأريض الماكينات.	• مناقشة وتحليل طلب الزبون. • البحث العلميّ/ العمل بمجموعات.	• القرطاسية. • الوثائق وكتالوجات الماكينات، الكود العالميّ لكوابل، مواصفات وقيم مقاومة التأريض المناسبة حسب الكود العالميّ والمحلي). • مواقع إلكترونيّة تعليمية وفيديوهات تتعلق بطرق تركيب مانعات الصواعق، وتمديدها ومواصفاتها والطرق الصحيحة لتوزيع الكوابل.



أُخطِّط، وأُقرِّر	• أصنف جميع البيانات مكونات نظام التاريض ومواصفاته ، طرق تركيبه ، وتثبيته ، ومواصفات حفرة التأريض) وتبويبها. • أحدد العِدَد والأدوات اللازمة للعمل. • أرسم المُخطّطات اللازمة لتوزيع كوابل التأريض الكهربائيّة الكلّيّة للمصنع. • أرسم مُخطّط لموقع الماكينات داخل المصنع حسب تسلسل الكوابل وطريقة تمديدها. • أختار الحل الأمثل لبدء العمل بناء على المعلومات السابقة. • أوثق المُخطّطات الخاصَّة بالآلات. • أختار كابل التأريض الخارجيّ وحفرة التأريض الرئيسيّة للمصنع. • أختار مساحة مقطع وطول كابل التأريض المناسب لكل ماكينة حسب الجداول. • أختار نهايات الكوابل المناسبة حسب مساحة مقطع الكابل. • أحدد أجهزة قياس مقاومة التأريض. • أحدد إجراءات السلامة المهنيّة المتعلقة بتمديد كوابل التأريض وتركيبها. • أكتب جدول يُبيِّن التكلفة لكل العمل. • أحدد جدول زمنيّ لإنهاء العمل.	• التعلم التعاوني. • النقاش والحوار الجماعي لاختيار الحل.	• قرطاسيّة. • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام. • نموذج تقدير التكاليف.
أُنفِّذ	• استخدام أدوات السلامة المهنيّة المناسبة لإنجاز المهمة وفقاً للمعايير الفنِّيّة وأنظمة السلامة ذات الصلة: – استخدام العِدَد والأدوات المناسبة للعمل. – قياس قيمة مقاومة الأرضيّ للمصنع وتوثيقها. – تحضير حفرة التأريض بالإبعاد والمواصفات المناسبة. – تحضير قضبان التأريض الَّتي تمّ اختيارها.	• التعلم التعاوني. • النقاش والحوار.	• أدوات السلامة المهنيّة. • صندوق عدة كامل. • أدوات قصّ وتعرية وتثبيت الكابلات في اللوحات الكهربائيّة. • ماكنة لحام إلكترونيّة. • أسلاك توصيل مناسبة.

	– تثبيتها في الحفرة وتثبيت موصلات التأريض الرئيسيّة فيها جيداً. – تمديد موصل التأريض إلى لوحات التوزيع الكهربائيّة وتثبيت نهاية الكابل بجسر التأريض. – فحص مقاومة التأريض الكلّيّة للتأكد من مطابقتها للقيم المطلوبة. – ربط موصل التأريض مع قضيب التأريض وتمديده حسب المُخطّطات.		• وسائل تأريض مختلفة (الكترودات بطول متر ونصف/ شبكة أسلاك تأريض/ بلاطة نحاسية...). • أجهزة فحص مقاومة التأريض. • جهاز فحص مقاومة التربة. • مكوّنات تحسين مقاومة التربة (فحم/ ملح/...). • أدوات تجهيز أطراف الكابلات • كابل شوز مناسب لمساحة مقطع الكابل المستخدمة. • مكبس كابل شوز.
أتحقّق	• تقييم إجراءات السلامة والاحتياطات الّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار أثناء التركيب. • التأكّد من تشغيل المنظومة وإجراء جميع القياسات اللازمة لفحص مقاومة نظام التأريض. • إعادة تقييم العمل والتحقق من جودة العمل. • تقييم معامل الأمان الّتي تمّ أخذه بعين الاعتبار في تنفيذ المهمة.	• النقاش والحوار. • العمل الجماعي.	• قرطاسية. • مخططات التوصيل للجهاز. • تعليمات السلامة العامة. • معايير الجودة والمواصفات. • أجهزة الفحص لقياس مقاومة التأريض للنظام.
أُوثّق، وأقدم	• أوثّق نتائج العمل: • إنشاء ملفات خاصَّة بالزبائن. • تسليم الوثائق والمواصفات الفنّيَّة للزبون. • تقديم تقرير لمسؤول الشركة بما تمّ إنجازه.	• النقاش والحوار مع الزبون بما تمّ إنجازه. • عرض تقديمي.	• جهاز حاسوب. • جهاز عرض. • اقلام وقرطاسية.
أُقوم	• رضى صاحب المصنع بما يتفق مع طلبه. • المطابقة مع المواصفات والمعايير.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي.	• نماذج التقييم. • طلب الزبون.



الأسئلة:

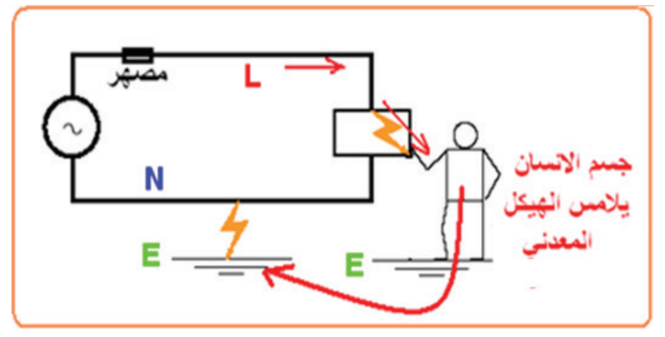
1- أفسِّر أهمِّيَّة القيام بتأريض جميع الأجزاء المعدنيّة الَّتي يتمّ التعامل معها من قبل المستهلك.

2- أوضح القيم المناسبة لمقاومة التأريض الخاصَّة بالمصانع ومواصفات حفر التأريض وملحقاتها.

3- أوضح الشكل الصحيح للقيام باختيار كوابل التأريض وتمديدها؟

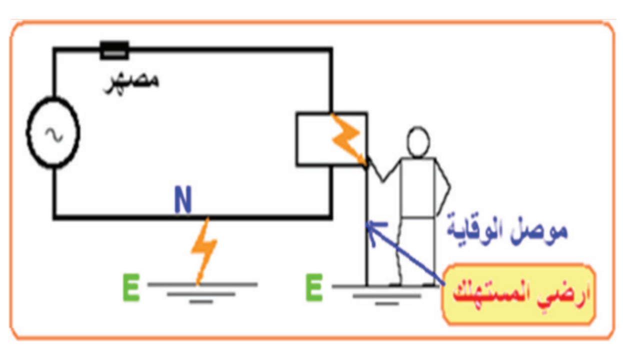
أتعلّم:

أولاً- مفهوم التأريض واهميته:



شكل (1): ملامسة جسم الانسان لهيكل معدني غير مؤرض

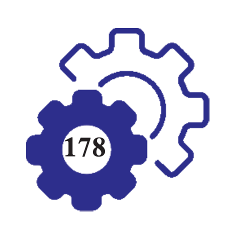
يعدّ التأريض من أهم وسائل الحماية في التركيبات الكهربائيّة، حيث يلعب دوراً مهماً في استجابة أجهزة الحماية، وكذلك حماية الإنسان من الصدمة الكهربائيّة، فعند عدم وجود خطّ التأريض في الأجهزة الكهربائيّة وحدوث خلل كهربائيّ وقيام أحد الأشخاص بملامسة مباشرة للهيكل المعدنيّ للّوحة (أو أي جهاز) فإنَّ مسار التيّار الكهربائيّ الوحيد سيكون عبر جسم الشخص، أي أن الشخص سيتعرّض للصدمة الكهربائيّة، وتعتمد شدتها على مقدار ذلك التيّار، وعلى كلّ من مقاومة جسمه ومقاومة الأرضيّ، فكلما قلَّت قيمة هذه المقاومة زادت قيمة التيّار المار في جسم ذلك الشخص، وزادت خطورة الإصابة، الشكل (1).



شكل (2): ملامسة جسم الانسان لهيكل معدني مؤرض

أما في حال وجود خطّ موصل الوقاية (الإرث) متصلاً بالأرض، يكون مسار التيّار المار هو من خلال خطّ الإرث مباشرة إلى الأرض، ولا يمر تيّار كهربائيّ في جسم الإنسان إلا بنسبة قليلة يمكن إهمالها إذا كانت مقاومة الأرضيّ قليلة بما يكفي، وهذا ما يدفع أجهزة الحماية إلى الاستجابة الفورية وفصل التيّار الكهربائيّ عن مكان الخطورة كما في الشكل (2).

ونستنتج مما سبق، أنه يجب توصيل جميع الأجهزة الكهربائيّة المصنوعة هياكلها من مادة معدنيّة (موصلة للتيّار الكهربائيّ) بالأرض من خلال خطوط التأريض ليصبح جهدها صفراً، حتى ولو اتصلت عن طريق الخطأ بالخط الحامل للتيّار الكهربائيّ، وهذا بالتالي يؤدّي إلى تفعيل أجهزة الحماية المناسبة.



ثانياً- فوائد التأريض:

يمكن إجمال فوائد التأريض الجيِّد بما يلي:

1- حماية الأفراد من خطر الصدمة الكهربائيّة الناتج عن قصور العزل أو انهياره.

2- يحمي من خطر التفريغ الكهربائيّ.

3- يحمي المُعَدّات من أضرار التغيرات المفاجئة والكبيرة في جهد الصعقة (Voltage Surges).

4- يؤمّن تشغيلاً مناسباً للمُعَدّات والمنظومات الكهربائيّة.

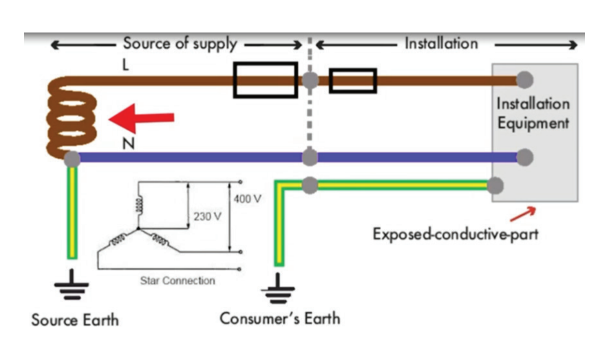
5- يؤمّن تشغيلاً مناسباً للوحات ومنظومات التشغيل الكهربائيّة المختلفة نتيجة المحافظة على جهد تشغيل معلوم القيمة.

ثالثاً- مدى فاعلية نظام التأريض:

هناك عوامل مختلفة تؤثِّر على كفاءة التأريض، ومن أهمها عاملان هما:

1- مقاومة وسيلة التأريض المستخدمة.

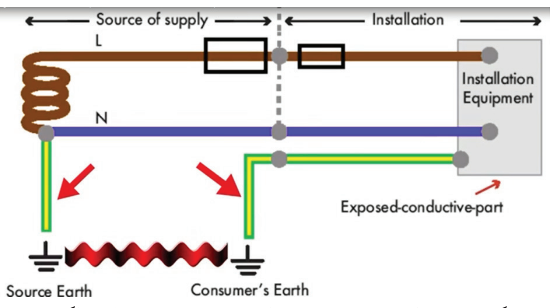
2- مقاومة التربة الَّتي توضع فيها.



شكل (3): نظام تأريض فعال

وبالتالي مع توفّر الأجهزة المناسبة يمكن قياس كلّ منهما (مقاومة خطّ الإرث ومقاومة التربة)، مما يمكّن من تصميم نظام تأريض فعّال، ومن المطلوب لهذين العاملين الرئيسيّين أن يوفرا أقلّ مقاومة ممكنة.

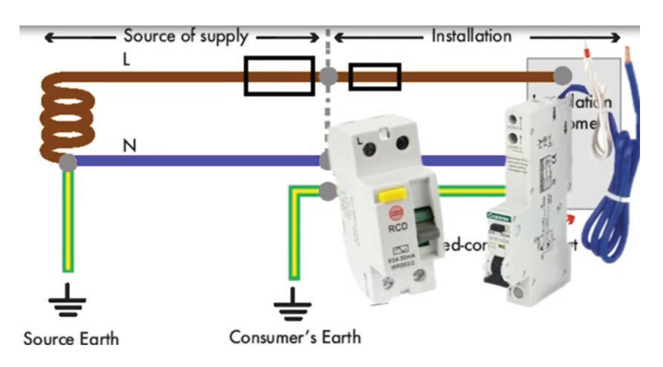
أما في نظام التوزيع ثلاثي الطور (3 فاز - 230/400V) فيتم تزويد المستهلك بخطوط هوائية في الغالب من محوّل توزيع ثلاثي الطور (متصل بطريقة ستار/ دلتا) بحيث يدخل للمستهلك (كابل ذي 4 خطوط) بتوصيلة ستار الشكل (3).



شكل (4): المقاومة بين إرث المستهلك وإرث شركة الكهرباء

ونظراً لأنّ المقاومة ما بين إرث المستهلك وإرث شركة الكهرباء (النقطة المشتركة في محول التوزيع) كما في الشكل (4)، يمكن أن تكون مرتفعة لذلك لا بد من إضافة عناصر حماية ضروريّة في جهة المستهلك كالقواطع الآليّة، وعلى وجه الخصوص قاطع التسرّب الأرضيّ (الإرث ليكيج) التي تركب في لوحة التوزيع الخاصّة بالمستهلك، كما في الشكل (5)؛ وذلك للحماية من الأعطال الَّتي قد تحدث ويكون لها علاقة بالإرث.

بينما يتمّ التعامل مع الأعطال الخاصّة بزيادة التيّار أو تيارات القصر من خلال وسائل الحماية المتمثّلة في القواطع الآليّة (الحراريّة والمغناطيسيّة) الّتي تركّب أيضاً في لوحة توزيع المستهلك.



شكل (5): تركيب قاطع التسرب الأرضي في لوحة التوزيع الخاصة بالمستهلك

رابعاً- أهمِّيَّة قياس مقاومة التربة:

تعد التربة من أكثر العوامل الأساسيَّة الَّتي تؤثّر على قيمة مقاومة نظام التأريض، التي تلعب دوراً مهماً في تخفيض قيمتها للقيمة المطلوبة، وحيث إنّ وسيلة التأريض المستخدمة عادة ما تتمتع بقيمة مقاومة منخفضة، وبالتالي موصلية مرتفعة؛ لأنها عادة ما يتمّ صنعها من مادة جيدة التوصيل كالحديد المطلي بطبقة من النحاس النقي أو من النحاس الخالص، لذلك تبقى العناصر المحيطة بوسيلة التأريض المستخدمة (إلكترودات التأريض) هي العامل المهمّ والفعال الَّذي قد يقلِّل من قيمة المقاومة المطلوبة لنظام التأريض المستخدم. وإذا ما فرضنا الاتصال الجيد ما بين وسيلة التأريض والتربة المحيطة به من ناحية الملامسة الجيدة، فإنه يتبقى عامل نوعية التربة المحيطة به هو العامل الآخر المهم.

إن معرفة قيمة مقاومة التربة ابتداء (بواسطة القياس) قبل تنفيذ نظام التأريض، يؤدّي إلى ما يأتي:

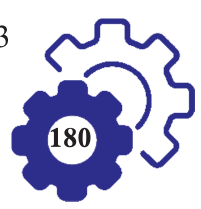
- اختيار أفضل موقع لوضع وسيلة التأريض
- اختيار مدى العمق الَّذي يجب أن توضع فيه وسيلة التأريض.
- اختيار نوع وسائل التأريض المنوي استخدامها وعددها وشكلها.

نشاط: ابحث عن أشكال وسائل التأريض المستخدمة في الانترنت.

ولذلك، حتى يتمّ الحصول على قيمة مقاومة التأريض المطلوبة، يجب أولاً قياس قيمة مقاومة التربة؛ وذلك للخروج بقرار حول هذه القيمة، وبالتالي اتخاذ القرار حول ضرورة تحسين مقاومة التربة أم لا، للوصول إلى قيمة مقاومة التأريض المطلوبة (أقلّ من 5Ω). وبشكل عام، تتراوح مقاومة التربة ما بين ($1\Omega\backslash m$) كما هو الحال في مقاومة مياه البحر إلى حوالي ($100000\Omega\backslash m$) كما هو الحال في مقاومة التربة المتجمِّدة.

وحتى نحصل على تأريض جيد فيما يتعلق بطبيعة التربة، لا بد من أن تتوفّر العوامل الآتية:

1. مقاومة نوعية منخفضة للتربة.
2. احتواء التربة على نسبة رطوبة جيدة.
3. أن تكون درجة حرارة التربة فوق درجة التجمد.



خامساً- اختيار موصلات التأريض (خطّ الإرث) الآمنة:

يتم اختيار مساحة مقطع موصلات التأريض، وذلك بحيث تكون مقاومتها منخفضة بدرجة كافية، ويتم ذلك بناء على الجدول (1)، الذي يُبيِّن مساحة مقطع موصل الوقاية (وموصل الأرضيّ أيضاً) الَّذي يصل بين موصل الأرضيّ ولوحة دخول المنشأة (بدلالة موصلات الأوجه).

جدول (1): مساحة مقطع موصل الوقاية الَّذي يصل بين موصل الأرضيّ ولوحة دخول المنشأة

مساحة مقطع الأوجه (mm^2)	0.5	0.75	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	90	120	150
مساحة مقطع موصل الوقاية المعزول (mm^2)	0.5	0.75	1	1.5	2.5	4	6	10	16	16	16	25	35	50	70	70

سادساً- طرق التأريض المستخدمة:

ويمكن إجمالها فيما يلي:

1. التأريض باستخدام لحام شبكة حديد أساسات البناء.
2. التأريض باستخدام حفرة التأريض أو ما يعرف بإلكترودات التأريض.

ويمكن القول إجمالاً إنّ الطريقة الفضلى التي تعطي كفاءة تأريض ذات جودة مرتفعة هي باستخدام طريقة لحام شبكة حديد الأساسات، بحيث تُعدّ الطريقة الأولى المستخدمة، وقد يتمّ تدعيمها بحفرة التأريض عند الحاجة إلى تقليل قيمة مقاومة الأرضيّ، وذلك إذا ما تمّ قياس قيمتها، وأظهرت قيمة مرتفعة أعلى من القيمة المقبولة وهي (5Ω فما دون).

1- التأريض باستخدام لحام شبكة حديد الأساسات:

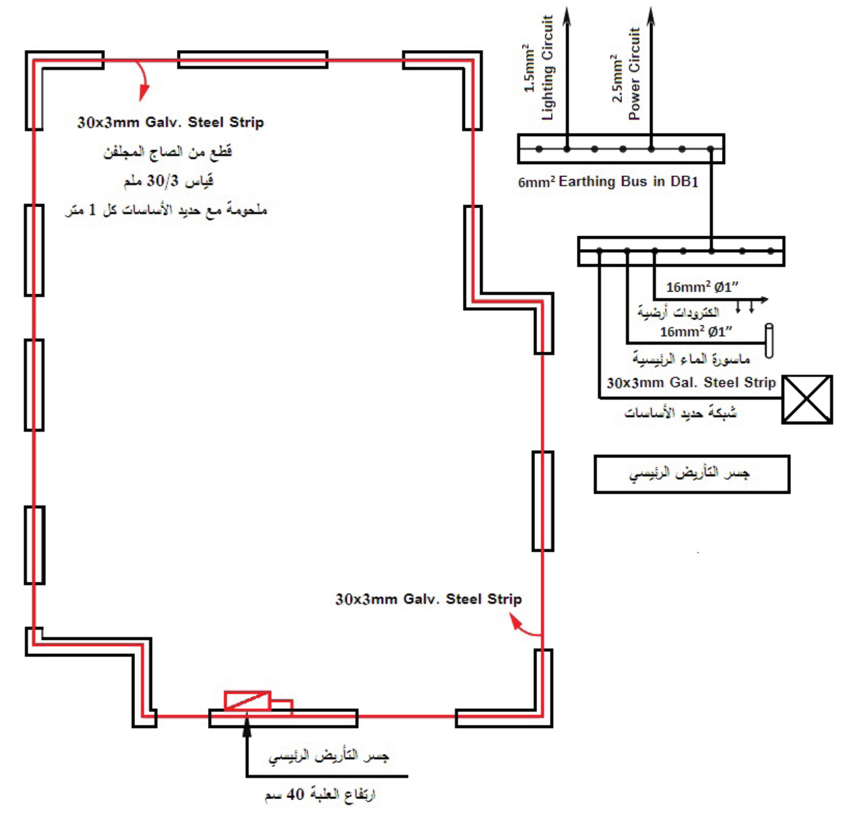
تبدأ أعمال التحضير لإعداد خطّ الأرضيّ (الإرث) من مراحل تجهيز البناء الأولي شكل (6)، بحيث يقوم الكهربائيّ باستغلال شبكة لحام أساسات البناء، وذلك بتوفير صاج (حديد) مجلفن بأبعاد ($3mm \times 30$)، ويقوم بلحام الصاج على محيط البناء مع شبكة الحديد الـ ($8mm$) بمسافة فاصلة ($1m$) بين كلّ نقطة لحام وأخرى وإخراج الطرف النهائيّ إلى مكان تواجد لوحة التوزيع الكهربائيّة الرئيسيّة، وقد يستخدم سلك معرى مجدول بمساحة مقطع لا تقل عن ($10mm^2$) لتوصيل خطّ الإرث من الصاج المجلفن إلى مكان لوحة التوزيع المطلوبة، مع توفير مربط نحاسي جيد التوصيل. وقد يتمّ ترك نقاط توصيل ظاهرة في البناء من الخارج تظهر بعض نقاط اللحام مستقبلاً لتوفير إمكانية التفتيش والفحص لاحقاً، ولربط موصلات تأريض إضافية لاحقاً للمبنى عند اللزوم.



شكل (6): طريقة لحام شبكة حديد الأساسات باستخدام شريط مجلفن من الحديد

ويظهر في مُخطّط التأريض الموضَّح في الشكل (7) ما يلي:

- توضيح طريقة لحام شبكة حديد الأساسات الأرضيّة، ومقاس الصاج المجلفن ملحومة مع حديد الأساسات كل (1) متر.
- تأريض مواسير المياه مع جسر تساوي الجهد بواسطة موصل التأريض.
- عدد الإلكترودات الأرضيّة وطريقة ربطها مع جسر تساوي الجهد.
- مُخطّط هيكلي أحاديّ الخط لجسر التأريض الرئيسيّ موضح عليه كل الموصلات المربوطة معه ومقاساتها.



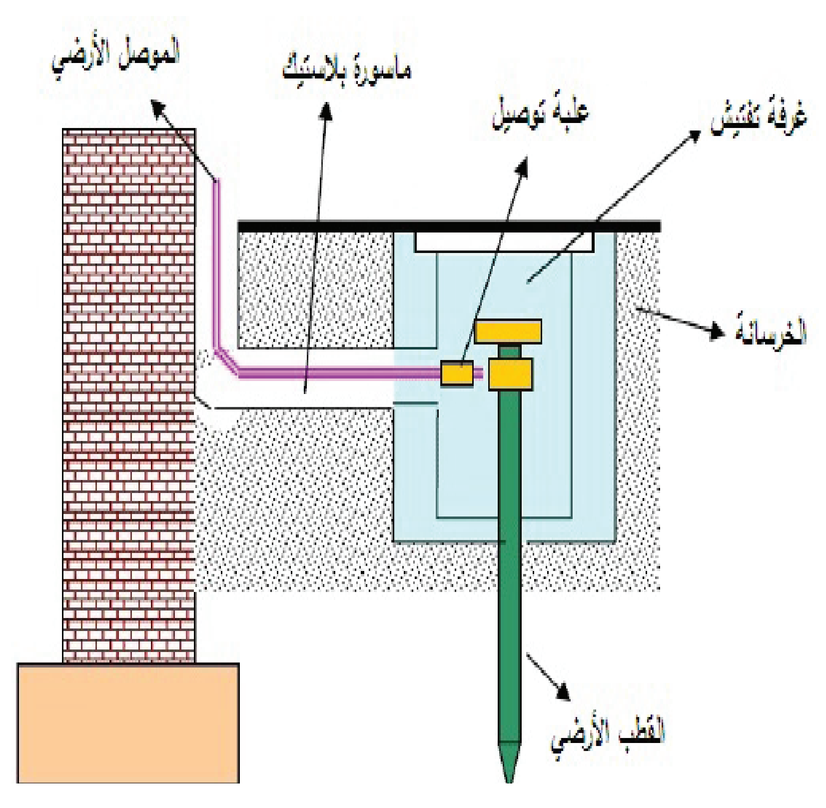
شكل (7): مخطط هيكلي أحادي الخط لجسر التأريض الرئيسي



2- مكوّنات نظام التأريض باستخدام الإلكترودات الأرضيّة المساندة:

ويتكوّن هذا النظام (الَّذي يوضع ضمن حفرة تأريض خاصَّة) مما يلي، كما في الشكل (8):

- الأرض (التربة): ونعني بها المكان الَّذي تدفن فيه وسيلة التأريض.
- وسيلة التأريض (الإلكترودات/ الصفائح/ شرائط/...إلخ)
- موصل أرضي (موصل التأريض) وهو موصل أو شريط من (النحاس/ الحديد) يصل ما بين وسيلة التأريض وجسر تساوي الجهد (أو قد يكون جسر الإرث في لوحة التوزيع الكهربائيّة).
- موصل الوقاية (خط الإرث) ونعني به الموصل النحاسي المعزول الَّذي يربط بين جسر الإرث في لوحة الأمانات وأي جهاز (إبريز) يراد حمايته.
- وصلات الربط (المرابط الخاصَّة بنظام التأريض) وملحقاتها.



شكل (8): نظام التأريض باستخدام الإلكترودات (حفرة التأريض)



6-3 الموقف التعليمي السادس: تركيب نظام حارفة الصواعق لمصنع

وصف الموقف التعليمي:

حضر صاحب مصنع ألبان إلى مؤسسة صيانة الآلات الصناعيّة يريد أن يركّب نظام حماية من الصواعق على سطح المصنع، وذلك قبل إجراء الفحص الشامل على إجراءات السلامة الكهربائيّة من قبل الجهات المختصة داخل أقسام المصنع.

العمل الكامل:

خطوات العمل	الوصف	المنهجية	الموارد
أجمع البيانات، وأُحلِّلها	• أجمع بيانات من صاحب مصنع الألبان عن مكان وطبيعة المصنع ومواصفاته وأبعاده. • أجمع بيانات عن: – كوابل الحماية الكهربائيّة الخاصَّة بالحماية من تيّار التسرّب الأرضيّ وكوابل التأريض والكود العالميّ لها. – طرق التأريض المختلفة المستخدمة في المصانع. – مواصفات حفرة التأريض ومكوّناتها والخاصة بنظام حارفة الصواعق. – طرق تمديد كوابل التأريض الكهربائيّة المتاحة في السوق المحلي ومواصفاتها. – ما هو متوفّر في السوق المحلي من كوابل وصلات أطراف كوابل التأريض وملحقاتها. – مكوّنات مانعات الصواعق المتاحة في السوق المحلي ومواصفاتها وملحقاتها والكود العالميّ لها. – وسائل الأمان والسلامة المهنيّة المتعلقة بحارفات الصواعق ووسائل تأريض الماكينات.	• العمل بمجموعات. • الحوار ومناقشة وتحليل طلب الزبون بين فريق المجموعة. • العصف الذهني. • الخروج لموقع المصنع ومعاينته وتحديد موقع الحفرة المناسبة.	• قرطاسية. • أوراق للتوثيق. • مواقع إلكترونيّة تعليمية موثوقة وفيديوهات تتعلق بطرق تركيب مانعات الصواعق وتمديدها ومواصفاتها والطرق الصحيحة لتوزيع الكوابل.



أُخطِّط، وأُقرِّر	• اصنف جميع البيانات (نظام التأريض ونظام حارفات الصواعق، مكوناتها، مواصفاتها، وسائل الحماية الخاصة بها، الكودات العالمية) وتبويبها. • احدد الأدوات والأجهزة اللازمة لتنفيذ العمل. • رسم المُخطّطات اللازمة لتوزيع كوابل التأريض الكهربائيّة الكلّيّة للمصنع. • رسم مُخطّط لطريقة تمديد الكوابل. • اختيار الحل الأمثل لبدء العمل بناء على المعلومات السابقة. • اختيار كابل التأريض الخارجيّ وحفرة التأريض الرئيسيّة للمصنع. • اختيار مساحة مقطع وطول كابل التأريض المناسب لكل ماكينة حسب الجداول. • اختيار نهايات الكوابل المناسبة حسب مساحة مقطع الكابل. • رسم مُخطّطات تمديد وتركيب وتثبيت حارفة الصواعق للمصنع. • تحديد العِدَد والأدوات المطلوبة للعمل. • تحديد أجهزة قياس مقاومة التأريض. • تحديد إجراءات السلامة المهنيّة المتعلقة بمانعات الصواعق وبتمديد كوابل التأريض وتركيبها. • كتابة جدول يُبيِّن التكلفة لكل العمل. • تحديد جدول زمنيّ لإنهاء العمل.	• عمل الفريق والنقاش. • البحث العلميّ.	• قرطاسيّة. • جداول العِدَد والأدوات المناسبة للعمل. • نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام. • نموذج تقدير التكاليف. • تحديد أنواع ومكوّنات مانعات الصواعق الأفضل في السوق المحلي. • الكود العالميّ لكوابل مانعات الصواعق الكهربائيّة. • كوابل التأريض ومواصفات وقيم مقاومة التاريض المناسبة حسب الكود العالميّ والمحلي. • جداول ومواصفات تركيب مانعات الصواعق وأماكن تركيبها وطرق تثبيتها.
أُنفّذ	• استخدام أدوات السلامة المهنيّة لإنجاز المهمة وفقاً للمعايير الفنّيَّة وأنظمة السلامة ذات الصلة: • استخدام العِدَد والأدوات المناسبة للعمل. • قياس قيمة مقاومة الأرضيّ للمصنع وتوثيقها. • تحضير حفرة التأريض بالإبعاد والمواصفات المناسبة لنظام حارفة الصواعق.	• التعلم التعاوني/ مجموعات. • الحوار والمناقشة.	• أدوات السلامة المهنيّة. • صندوق عدة كامل. • العِدَد والأدوات الملائمة للحفر والطمر.



	• تحضير قضبان التأريض الَّتي تمّ اختيارها. • تثبيتها في الحفرة وتثبيت موصلات التأريض الرئيسيّة فيها جيداً. • تمديد موصل التأريض إلى لوحات التوزيع الكهربائيّة، وتثبيت نهاية الكابل بجسر التأريض. • فحص مقاومة التأريض الكلّيّة للتأكد من مطابقتها للقيم المطلوبة. • تحضير حارفة الصواعق وملحقاتها. • تثبيت حارفة الصواعق حسب المكان الَّتي تمّ اختياره. • ربط موصل التأريض مع قضيب التأريض الخاصَّة بالحارفة. • توصيل جميع أجزاء منظومة حارفة الصواعق وفحصها.		• أدوات تثبيت اللاقط الهوائي. • الموصلات الهابطة. • مواسير التمديد المناسبة. • أجهزة الفحص لمقاومة التأريض. • أجهزة الحماية من الجهد العالي. • العدد الخاصَّة بالفحص والتركيب والصيانة. • اللاقط الهوائي.
أتحقَّق	• إعادة التحقق من كلّ عمليّات التركيب والتثبيت السابقة من خلال: – التأكّد من متانة تثبيت جميع أجزاء نظام حارفة الصواعق. – فحص مقاومة الأرضيّ الخاص بنظام حارفة الصواعق. – التأكّد من فصل نظام التأريض الخاص بالمصنع عن نظام التأريض الخاص بحارفة الصواعق. – إعادة تقييم العمل والتحقق من جودة العمل وخاصَّة جودة تثبيت اللاقط الهوائي ومتانتها. – تقييم إجراءات السلامة والاحتياطات الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار أثناء التركيب لحماية الآخرين من خطر الكهرباء. – تقييم معامل الأمان الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار في تنفيذ المهمة.	• النقاش والحوار. • العصف الذهني. • التعلم التعاوني.	• أجهزة الفحص لمقاومة التأريض. • قائمة التدقيق الخاصَّة بتركيب نظام حارفات الصواعق القياسيّة العالميّة.
أُوثِّق، وأقدم	• إنشاء ملفات خاصَّة بالزبائن. • تسليم الوثائق والمواصفات الفنِّيَّة للزبون. • تقديم تقرير مفصّل عن التكلفة بما تمّ إنجازه • الجدول الزمنيّ للتنفيذ.	• النقاش والحوار مع الزبون بما تمّ إنجازه. • عرض تقديمي.	• جهاز حاسوب. • جهاز عرض. • اقلام وقرطاسية.
أُقوم	• رضى صاحب المصنع بما يتفق مع طلبة. • المطابقة مع المواصفات والمعايير.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي.	• نماذج التقييم. • طلب الزبون.

الأسئلة:

1- فسِّر كيف تتشكل الصاعقة، وأهمِّيَّة الحماية منها.

2- أوضِّح تأثير الصاعقة على المنظومة الكهربائيّة.

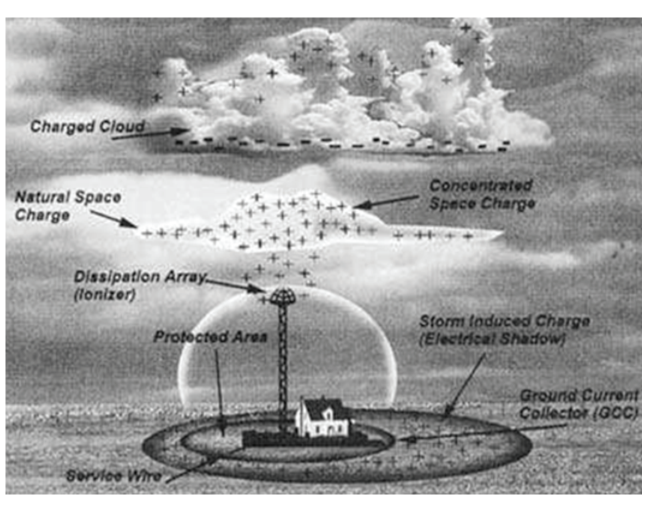
3- أوضح يتمّ تنظيم العمل المتعلق بتركيب حارفات الصواعق؟



أتعلّم:

أولاً- مفهوم الصاعقة البرقية وطريقة تشكلها:

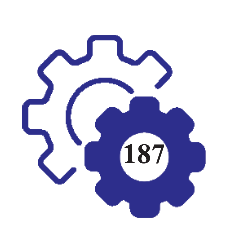
الصاعقة البرقية هي عبارة عن ظاهرة فيزيائية ينتج عنها تفريغ سريع لشحنة كهربائيّة هائلة، مما يؤدّي إلى ارتفاع كبير في درجة حرارة المُعَدّات والأجهزة الَّتي تتعرض لها، وكذلك ارتفاع درجة حرارة الموصلات الَّتي تعرضت لها، مما يسبب حدوث انهيار للعوازل وتولد شرار كهربائيّ ينتج عنها حرائق وانفجارات ووفاة الأشخاص المتواجدين في المنطقة. تتكوَّن الصاعقة البرقية نتيجة تفريغ شحنات كهربائيّة ساكنة مختلفة القطبية (موجبة وسالبة) ما بين السحابة ذاتها، ما بين سحابتين، أو ما بين السحابة والأرض.

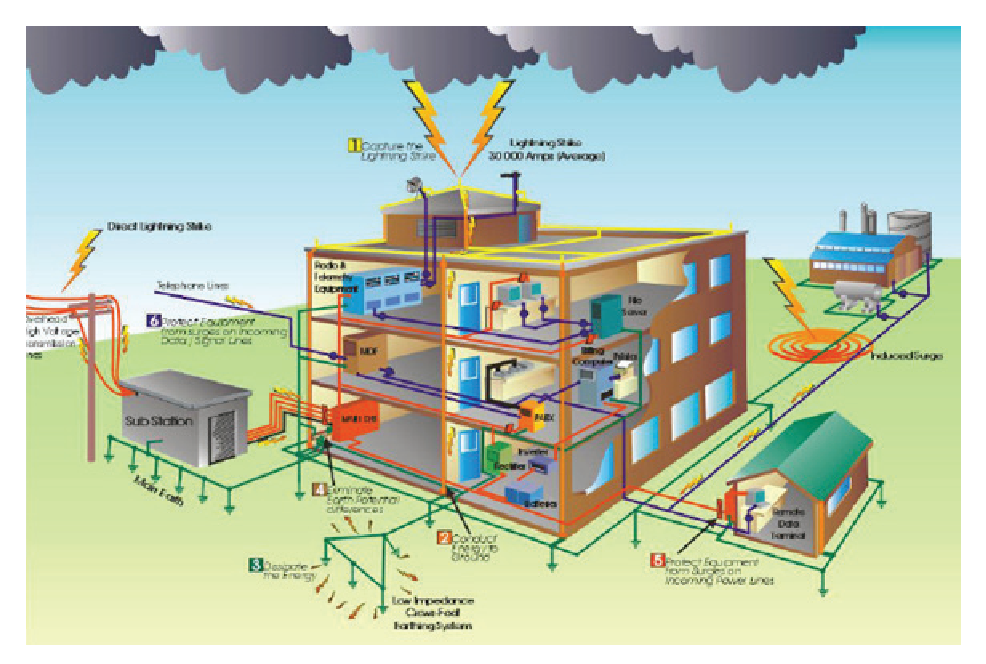


شكل (1): صاعقة برقيّة

ثانياً- تأثير الصواعق والحماية منها:

إن تأثير الصواعق على كلّ من الأجهزة والمُعَدّات والمنشآت المبيَّنة في الشكل (2) يكون من خلال تدمير خطوط نقل الطاقة الكهربائيّة والعوازل، وكذلك إتلاف أو حرق الأجهزة والمُعَدّات المتصلة بخطوط نقل القدرة الكهربائيّة.

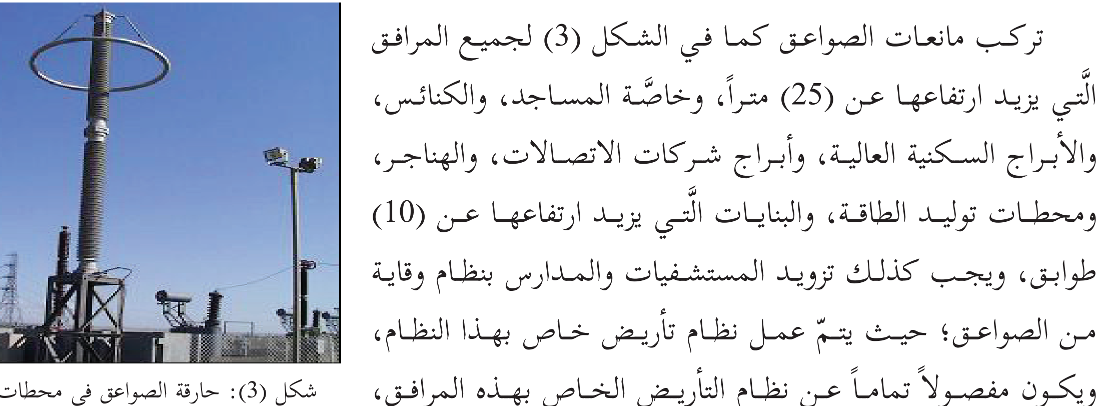




شكل (2): المباني والأجهزة والمُعَدّات والمنشآت الَّتي يجب ربطها مع أنظمة تأريض

إن الغرض الأساسي من تركيب حارفة الصواعق هو تفريغ شحنة الصواعق بالأرض لحماية الأجهزة والمُعَدّات والمنشآت وخطوط نقل الطاقة الكهربائيّة بدلاً من مرورها من خلالها، وبالتالي تدميرها. وبالتالي لا بد من توفير مسار جيد لتفريغ الصاعقة خلال مقاومة صغيرة إلى الأرض، ويعني ذلك توفّر مسار لدخول وخروج الشحنات الكهربائيّة دون العبور في مقاومة ذات قيمة عالية، وعلى هذا الأساس يتمّ تصميم حارفة الصواعق.

ثالثاً- تركيب حارفات الصواعق (Lighting Arrestor Protection):



شكل (3): حارقة الصواعق في محطات توليد الطاقة

تركب مانعات الصواعق كما في الشكل (3) لجميع المرافق الَّتي يزيد ارتفاعها عن (25) متراً، وخاصَّة المساجد، والكنائس، والأبراج السكنية العالية، وأبراج شركات الاتصالات، والهناجر، ومحطات توليد الطاقة، والبنايات الَّتي يزيد ارتفاعها عن (10) طوابق، ويجب كذلك تزويد المستشفيات والمدارس بنظام وقاية من الصواعق؛ حيث يتمّ عمل نظام تأريض خاص بهذا النظام، ويكون مفصولاً تماماً عن نظام التأريض الخاص بهذه المرافق، ويتم كذلك تزويد نظام الوقاية من الصواعق بإلكترودات خاصَّة به، ويجب أن يمتاز هذا النظام بتأريض فعال جداً، وذلك من خلال استخدام كابلات تأريض ذات مساحة مقطع كبيرة نظراً لاحتمال مرور تيّار كبير جداً في حالة حدوث صواعق ذات شدة عالية.

وتركب حارفة الصواعق في أعلى نقطة في المبنى المراد حمايته من الصواعق، وتثبت بشكل ميكانيكيّ جيد؛ حتى تقاوم الرياح والعوامل الجوية الصعبة، ويكون الطرف العلوي ذا رأس مدبب، ويتصل من خلال كابل (موصل رئيس أو أكثر) الَّذي يمدَّد داخل ماسورة مضادّة للحريق ومخفيّة داخل الإسمنت (تحت القصّارة)، بحيث يشكل هذا المسار أقصر مسافة ممكنة إلى نظام التأريض المنفصل والخاص بحارفة الصواعق.

رابعاً- مكوّنات نظام حارفة الصواعق:

تتكوّن حارفة الصواعق بشكل عام من العناصر الآتية:

1- **لاقط (مستقبل) الصاعقة:** وظيفة لاقط (مستقبل) الصاعقة جذب الصاعقة إليه لحماية المنشاة الَّتي تمّ تركيبها عليه؛ وذلك من خلال طرفه المدبَّب، وهو نوعان:

أ- قضيب فرانكلين: وهو عبارة عن إبرة تكون درجة حمايتها حوالي زاوية (45°)، كما في الشكل (4).


شكل (4): لاقط صاعقة

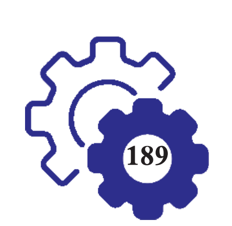
ب- قفص فارادي: وهو عبارة عن قفص يشبه قفص العصفور من الشرائط النحاسية، وهو مكلف جداً كونه يحيط بالمبنى، كما في الشكل (5).


شكل (5): قفص فارادي

2- موصلات الوقاية وتوابعها:

تتكوّن من نقاط التوصيل والربط الَّتي تربط ما بين اللاقط وشبكة التأريض النهائيّة، الشكل (6).

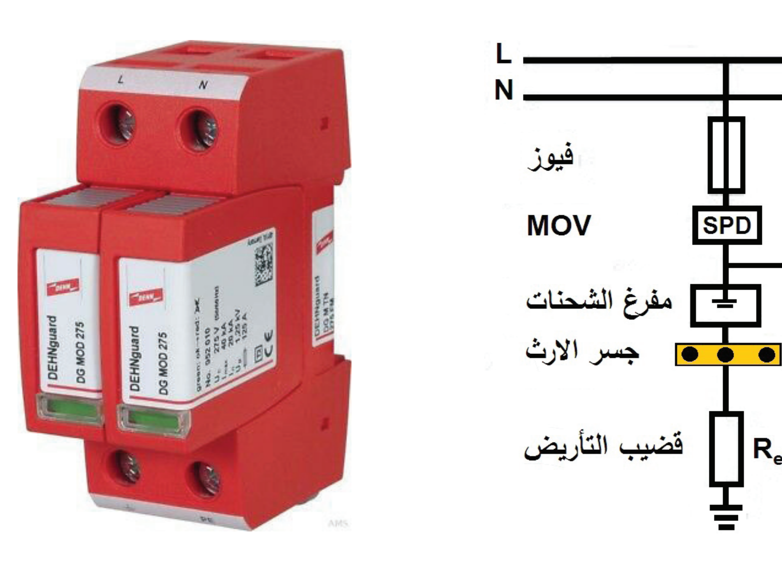

شكل (6): موصلات الوقاية الخاصَّة بحارفة الصواعق ونقاط توصيلها وربطها



3- شبكة التأريض الخاصّة بحارفة الصواعق (الكترودات التأريض): حيث تتّصل هذه الشبكة مع موصلات الوقاية لتأمين مسار تفريغ الصاعقة.

4- أجهزة الحماية ضد الجهد العالي (Surge Protective Devices - SPD):

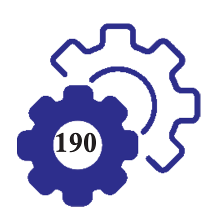
حيث تعتمد في عملها على عنصر (مقاومة) يسمى (**Metal Oxide Varistor** - MOV) الّذي تتغير قيمة مقاومته مع ارتفاع الجهد، حيث تقلّ المقاومة تدريجياً مع ارتفاع الجهد عن الحد المقرر للجهاز؛ مما يؤدّي إلى ارتفاع التيّار المار في الدائرة، وبالتالي يعمل على تفعيل وسائل الحماية، حيث يتمّ وصل أحد أطراف الجهاز مع أحد الأطوار والطرف الآخر مع خطّ الأرضيّ، ويوجد منه أنواع مختلفة حسب موقعه في الدائرة المراد حمايتها، وحسب نظام التوزيع المعتمد، ويُبيِّن الشكل (7) شكل الجهاز وطريقة توصيله.



شكل (7): جهاز الحماية ضد الجهد العالي (SPD) وطريقة توصيله

خامساً- الشروط الواجب توفّرها عند تركيب منظومة حارفة الصواعق:

1- تصمم وتضبط للعمل عند أقلّ جهد أعلى من الجهد الاسمي.
2- زمن تفريغ الشحنة يتناسب مع فترة تفريغ الصعقة.
3- تركّب حارفة الصواعق عند أعلى نقطة للمنشأة الّتي يراد حمايتها.
4- كل موصل هابط يجب أن يربط مع قضيب تأريض منفصل.
5- يتم تركيب أكثر من حارفة صواعق شعاعية للمبنى الكبير، وتوصل جميعها معاً، ومع أكثر من شريط نحاسي مساعد لشبكة حارفة الصواعق.



6- يجب أن تكون مقاومة الأرض أقلّ ما يمكن.

7- يجب عدم وجود منحنيات خلال تنزيل الموصل الهابط لحارفة الصواعق.

8- يجب أن تثبت الشرائط والموصلات بمرابط خاصَّة كلّ (60cm) مع جسم المبنى.

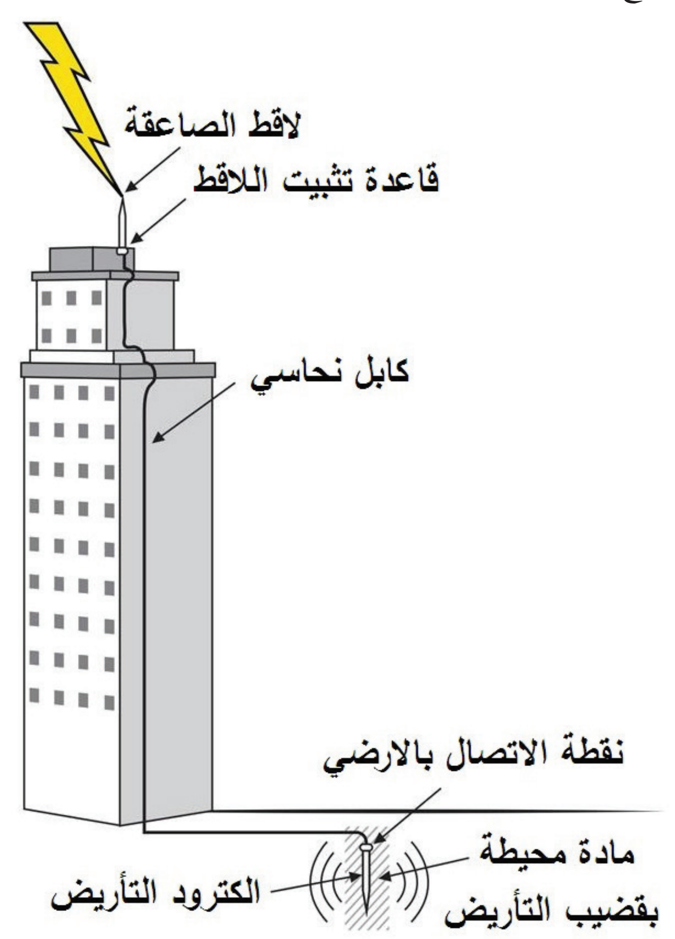
9- يجب ألّا تلامس موصلات الألمنيوم المستخدمة في منظومة حارفة الصواعق الأرض؛ لأنها تتأكسد بل تستخدم فقط على المناطق العليا فقط.

10- يجب عدم استخدام موصلات الألمنيوم كموصلات تدفن في الأرض، كما هو الحال عند توصيل قضيب التأريض بالموصل الهابط (يجب أن تكون مصنوعة فقط من النحاس).

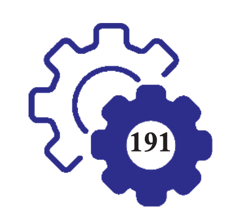
11- يجب أن يبعد قضيب الإلكترود الأرضيّ الخاص بحارفة الصواعق عن البناية مسافة لا تقل عن (60cm).

12- يتم دفن قضيب تأريض على كلّ جهة من المبنى، ويكون مخصصاً له موصل نحاسي متصل بمنظومة حارفة الصواعق.

ويُبيِّن الشكل (8) جميع أجزاء منظومة التأريض الخاص بحارفة الصواعق وملحقاتها.



شكل (8): تركيب أجزاء حارفة صواعق



7-3 الموقف التعليمي السابع: صيانة مكوّنات لوحات التوزيع وإصلاح أعطالها

وصف الموقف التعليمي:

حضر صاحب مصنع بلاط إلى مؤسسة صيانة الآلات الصناعيّة يريد أن يفحص فصلاً متكرراً في مصدر الكهرباء للّوحة توزيع كهربائيّة رئيسيّة في المصنع، ويريد من المؤسسة أن تحدِّد له سبب حصول العطل، وبحيث يقوم الفني المختص بمعالجته وتحديد مواصفات القطع الكهربائيّة التالفة لشرائها ومن ثمَّ استبدالها.

العمل الكامل:

خطوات العمل	الوصف	المنهجية	الموارد
أجمع البيانات، وأُحلِّلها	• أجمع بيانات من صاحب المصنع عن طبيعة المشكلة وظروفها ومكان حدوثها وزمنها إن أمكن. • أجمع بيانات عن: – مكونات اللوحة ومواصفاتها، عمليّة الإنتاج، ما تحتاجه الماكينات من قدرة كهربائيّة. – موقع كلّ ماكينة في خطّ الإنتاج. – الكوابل الكهربائيّة والكودة العالميّة للكوابل. – العلاقات الكهربائيّة الرياضية البسيطة المستخدمة في الحسابات. – طرق تمديد الكوابل الكهربائيّة المتاحة في السوق المحلي. – عمّا هو متوفّر في السوق المحلي من كوابل وصلات أطراف الكوابل. – وسائل الحماية والوقاية والأمان والسلامة المهنيّة.	• التعلم التعاوني/ العمل بمجموعات • الحوار والمناقشة/ تحليل الطلب بين فريق المجموعة. • البحث العلمي.	• قرطاسيّة. • الوثائق (كتالوجات الماكينات ومُخططّاتها إن أمكن، الكود العالميّ للكوابل الكهربائيّة، العلاقات الرياضية لحساب الأحمال الكهربائيّة). • مواقع إلكترونيّة تعليمية موثوقة وفيديوهات تتعلق بحساب الأحمال الكهربائيّة والطرق الصحيحة لتوزيع الكوابل.
أُخطِّط، وأُقرِّر	• تصنيف جميع البيانات (موقع اللوحة، طبيعة استخدامها، مخططات توصيلها، مكوناتها، خصائص وسائل الحماية المستخدمة فيها، مقررات كوابلها) وتبويبها. • تحديد العِدَد والأدوات اللازمة للعمل. • تتبع المُخطّط لموقع الماكينات داخل المصنع حسب تسلسل عمليّة الإنتاج وطريقة تمديد الكوابل.	• الحوار والمناقشة. • العمل ضمن مجموعات. • البحث العلمي. • العصف الذهني/ استمطار الافكار.	• قرطاسيّة. • الوثائق (المُخطّطات الكهربائيّة الخاصَّة باللوحة. • جدول لأجهزة القياس المناسبة للعمل والفحص).

	• التأكّد من الحسابات اللازمة للأحمال الكهربائيّة الكلّيّة داخل اللوحة وتوثيق هذه الحسابات. • التأكّد من وسائل الفحص والتشخيص الملائمة. • التأكّد من إجراءات فحص الكابلات الخارجيّة والداخليّة للوحة. • اختيار الحل الأمثل لطريقة إجراء الفحص بناء على المعلومات السابقة. • اختيار مكان بدء إجراءات الفحص والتشخيص لكل ماكينة. • تحديد طريقة فحص نهايات الكوابل وكيفية تثبيتها ومدى صلاحيتها. • فحص سلامة الكابلات الداخليّة في اللوحة وخارجها ومسار تمديدها. • اختيار شروط السلامة العامة قبل وأثناء القيام بخطوات الفحص والتشخيص. • كتابة جدول يُبيِّن التكلفة لكل العمل. • تحديد جدول زمنيّ لإنهاء العمل.		• نموذج جدولة وقت تنفيذ المهام. • نموذج تقدير التكاليف.
أُنفّذ	• استخدام أدوات السلامة المهنيّة لإنجاز المهمة وفقاً للمعايير الفنِّيَّة وأنظمة السلامة ذات الصلة. • استخدام العِدَد والأدوات المناسبة للعمل. • استخدام أدوات الفحص والقياس الكهربائيّة المناسبة. • تتبّع المُخطّطات الكهربائيّة الخاصَّة باللوحة الكهربائيّة تحت الفحص. • استخدام أجهزة الفحص والقياس الكهربائيّة. • فصل التيّار الكهربائيّ أثناء قياس كلّ من الجهد والتيّار. • فحص القطع الكهربائيّة بالنظر. • إجراء القياسات المناسبة ومقارنتها مع المُخطّطات الكهربائيّة والقيم القياسيّة.	• العمل التعاوني. • البحث العلميّ الممنهج. • العصف الذهني. • النقاش والحوار. • أسلوب حل المشكلات. (Troubleshooting).	• أدوات السلامة المهنيّة. • صندوق عدة كامل. • أدوات الفحص والقياس الكهربائيّة المناسبة (كلامب ميتر). • المُخطّطات الكهربائيّة الخاصَّة باللوحة الكهربائيّة. • أجهزة القياس الكهربائيّة. • العدد الخاصَّة بالفك والتركيب والصيانة.



	• تحديد مكان العطل والقطع التالفة -إن وجد- وكتابة مواصفاتها وسبب العطل. • استبدال الأجزاء التالفة بعد تحديد سبب العطل لضمان عدم تكرارها. • تشغيل اللوحة بعد الانتهاء والقيام بالفحص أثناء التشغيل للتأكد من سلامة العمل.		
أتحقَّق	• إعادة التحقق من كلّ عمليّات الفحص والقياس الكهربائيّة. • التأكّد من تشغيل اللوحة. • إجراء جميع القياسات اللازمة لفحص الأحمال الكهربائيّة. • إعـادة تقييم العمل والتحقّق من صحة العمل بصورة طبيعيّة. • تقييم السلامة والاحتياطات الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار أثناء التركيب لحماية الآخرين من خطر الكهرباء. • تقييم معامل الأمان الَّذي تمّ أخذه بعين الاعتبار في تنفيذ المهمة.	• النقاش الجماعي.	• أدوات الفكّ والتركيب. • أجهزة القياس المناسبة للفحص والتشخيص. • قائمة التدقيق الخاصَّة بعمل اللوحة والأحمال بصورة طبيعيّة.
أُوثِّق، وأقدم	• أوثّق نتائج العمل. • إنشاء ملفات خاصَّة بالزبائن. • تسليم الوثائق والمواصفات الفنِّيَّة للزبون. • تقديم تقرير مفصل عن طبيعة العطل والأجزاء التالفة وتقدير تكاليف العمل لمسؤول الشركة بما تمّ إنجازه مرفق بالجدول الزمنيّ.	• النقاش مع الزبون بما تمّ إنجازه. • عرض تقديمي.	• جهاز حاسوب. • جهاز عرض. • اقلام وقرطاسية.
أُقوم	• رضى صاحب المصنع بما يتفق مع طلبة. • المطابقة مع المواصفات والمعايير.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي.	• نماذج التقييم. • طلب الزبون.

الأسئلة:

1- أفسِّر الفرق بين استخدام جهاز القياس ذي الملقط (الكلامب ميتر) وجهاز القياس متعدد الأغراض العادي عند إجراء عمليّات الفحص وتشخيص أعطال اللوحات الكهربائيّة.

2- أوضِّح المقصّود بخلل انهيار العزل في الأحمال الكهربائيّة مبيناً أسبابه وكيفية تحديده.

3- أعطِ ثلاثة أمثلة على أنواع مختلفة من الأعطال الَّتي قد تحدث في المنظومة الكهربائيّة مبيِّناً أسبابها، ونتائجها، وكيفية التغلب عليها، وإصلاحها؟

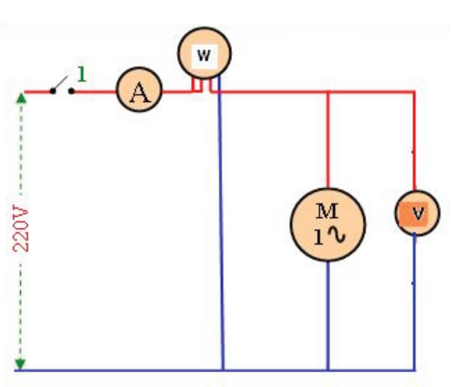
أتعلّم:

تستخدم أجهزة القياس في فحص العناصر الكهربائيّة والإلكترونيّة للتأكد من صلاحيتها، ولتحديد الأعطال في الدوائر الكهربائيّة والتركيبات الكهربائيّة الصناعيّة. كما تستخدم لقياس القيم الكهربائيّة بأنواعها المختلفة من جهد، وتيار، ومقاومة، وقدرة، وتردّد، وغيرها.

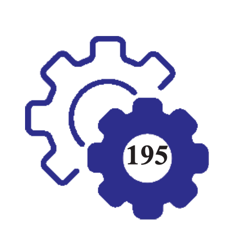
ويوجد في الوقت الحاضر عدد كبير من الأجهزة المختلفة الَّتي تتباين من حيث الدقَّة في القراءة، وسهولة الاستخدام والتشغيل، وتعدّد الاستعمالات. ويجب على مستخدم جهاز القياس أن يكون ملمّاً بخصائصه، وكيفية تشغيله واستخدامه، والظروف المثالية لعمله، كذلك عليه اختيار الجهاز الأنسب للقياس المطلوب.

أولاً- أجهزة الفحص والقياس المستخدمة في تشخيص الأعطال الكهربائيّة:

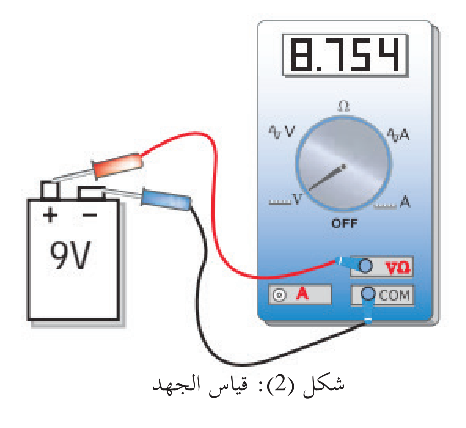
ويُبيِّن الشكل (1) كيفية توصيل بعض أجهزة الفحص والقياس الضروريّة لفحص أداء حمل أحاديّ الطور، حيث تشمل توصيل جهاز أوم ميتر (A) لقياس التيّار، وكذلك جهاز واط ميتر (W) لقياس القدرة الفعّالة، بالإضافة لتوصيل جهاز فولت ميتر (V) لقياس الجهد على طرفي محرِّك أحاديّ الطور.



شكل (1): توصيل اجهزة القياس في الدائرة الكهربائية

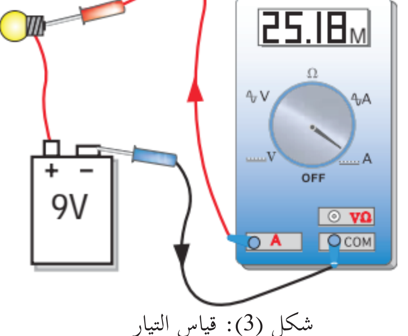


1- جهاز القياس متعدد الأغراض (DMM):



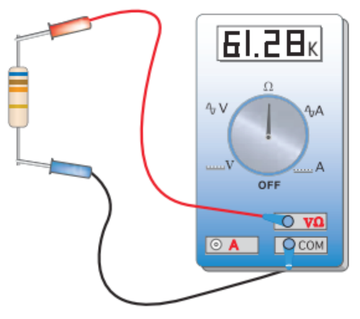
شكل (2): قياس الجهد

أ- لقياس الجهد: اضبط جهاز القياس بواسطة مفتاح الاختيار المتحرك على نوع الجهد المراد قياسها (DC/AC)، ومن ثمَّ ابدأ بإنقاص التدرّج من القيمة الأعلى تدريجياً لتتمّ القراءة بشكل صحيح. والشكل (2) يُبيِّن طريقة قياس الجهد لبطّاريَّة قيمتها (9VDC).



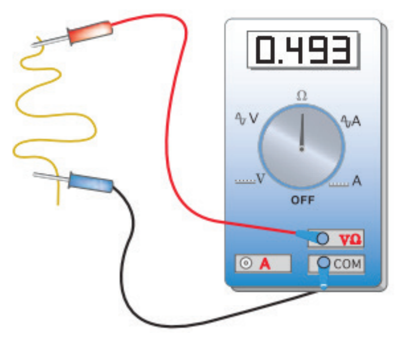
شكل (3): قياس التيار

ب- **لقياس التيّار:** اضبط الجهاز لاستخدامه كجهاز أوم ميتر المار في مصباح كهربائيّ موصول لمصدر جهد مستمرّ بطّاريَّة (9VDC)، كما هو مبين في الشكل (3).



شكل (4): قياس قيمة المقاومة

ج- لقياس قيمة المقاومة: اضبط الجهاز لاستخدامه كجهاز أوم ميتر، ويُبيِّن الشكل (4) استخدام الجهاز لقياس قيمة مقاومة بالكيلو أوم.



شكل (5): فحص استمرارية التوصيل

د- لفحص استمرارية التوصيل: اضبط الجهاز لاستخدامه؛ وذلك لفحص الأسلاك الكهربائيّة إذا كانت صالحة، أو يوجد فيها قطع داخلي، كما في الشكل (5).



2- جهاز القياس ذي الملقط (لقياس تيّار الحمل):



شكل (6): جهاز قياسي متعدد ذا ملقط (clamp Meter)

يبين الشكل (6)، جهاز القياس الرقمي المتعدد ذا الملقط، أو ما يسمى الملقط (**Clamp Meter**)، وطريقة استخدامه لقياس التيار ويمكن لهذا الجهاز كغيره أن يقيس الجهود والتيّارات الثابتة والمتغيِّرة (**AC/DC**)، بالإضافة لإمكانية قياس كلّ من قيم المقاومات، وفحص استمرارية التوصيل وغيرها من القياسات الَّتي يقيسها جهاز القياس متعدد الأغراض العادي (**DMM**).

إلا أن هذا الجهاز على وجه الخصوص يتميز بسهولة استخدامه لقياس التيّار (مقارنة بأي جهاز أميتر آخر) دون الحاجة لفصل الحمل عن الدارة الكهربائيّة (كما هو الحال في غيره من أجهزة القياس الأخرى).

ويستخدم هذا الجهاز على وجه الخصوص:

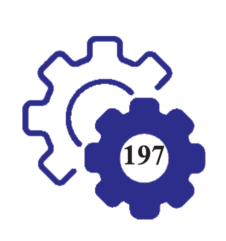
- لقياس التيّارات العالية في الدوائر ذات الأحمال الكبيرة والصناعيّة الَّتي تحتاج إلى سرعة وسهولة.
- تحقيق درجة عالية من الأمان في العمل عند تحديد مكان حدوث العطل.
- لتحديد مشاكل زيادة الحمل الَّتي تؤدي إلى انقطاع التغذية عن الأحمال الأحاديّة أو ثلاثيَّة الطور.
- في حالة عدم مناسبة القيم التيّارية المقرّرة لوسائل الحماية عن قيم التيّار المقرّر للأسلاك المستخدمة.
- فحص وتشخيص الأعطال الكهربائيّة المختلفة وإجراءات الصيانة الدورية والوقائية.

وعادة ما تجد أنواعاً وأشكالاً كثيرة من هذا الجهاز في السوق المحلي؛ مما يتطلّب قراءة الدليل المرفق به لاستخدامه بالطريقة الصحيحة والمناسبة.

قواعد واحتياطات السلامة المهنيّة المتعلقة باستخدام أجهزة الفحص:

ويجب عند استخدام أجهزة القياس مراعاة الأمور الآتية:

- التعامل مع الأجهزة بحذر وعدم تعريضها للصدمات.
- اختيار الجهاز الأنسب لكل نوع من أنواع القياس.
- تثبيت الأجهزة الَّتي تكون أجزاؤها المتحرِّكة معلّقة حتى لا تتأثر بالاهتزاز.
- وضع مؤشر جهاز القياس عند نقطة الصفر عند إجراء عمليّة القياس.
- استخدام مدى القياس الأقرب إلى القيمة المطلوب قياسها.



- استخدام الأجهزة بعيداً عن المجالات الكهربائيّة والمغناطيسيّة.
- تجنّب ملامسة أي جزء تقوم بقياسه بيدك خوفاً من الصدمة الكهربائيّة.
- قم بوصل أسلاك الفحص في الأطراف الصحيحة في الجهاز حسب القياس الكهربائيّ المراد قياسه حسب الشكل المجاور.

ثانياً- قراءة المُخطّطات الكهربائيّة الخاصَّة بمكوّنات لوحات التوزيع الكهربائيّة:

يتمّ رسم مُخطّط أحاديّ الخط للّوحة التوزيع الرئيسيّة (MDB)، حيث يُبيِّن المُخطّط مكوّنات اللوحة الرئيسيّة الآتية:

1- قاطع الدارة ونوعه (MCCB/MCB)، ومقرره التيّاري (I_n).
2- ساعة قياس رقميَّة تستخدم لقياس كميات كهربائيّة مختلفة وحسب المطلوب.
3- لمبات إشارة عدد (3) على مدخل اللوحة، وفي بعض الأحيان على المدخل والمخرج.
4- مقرّرات القضبان العموميّة الرئيسيّة (3) للأطوار الثلاثة بالإضافة لجسر الخط المتعادل وجسر خطّ الإرث.
5- قواطع دارة مصغَّرة (MCB)، ويتحدَّد عددها حسب عدد اللوحات الفرعيّة الَّتي ستغذّيها، موضّحاً عليها مقرراتها الأمبيرية، ونوعيّتها من ناحية الجهد (1 فاز/ 3 فاز).
6- كابلات التغذية الرئيسيّة للوحات الفرعيّة الَّتي ستغذّيها اللوحة الرئيسيّة، ومقرّراتها الأمبيرية، وأقطار مواسير التمديدات المستخدمة لها (جميع الكابلات المستخدمة في المُخطّطات المرفقة من نوع (XLPE) ورقمها (N2XY).
7- أسماء اللوحات الفرعيّة الَّتي ترتبط باللوحة الرئيسيّة.
8- طريقة تركيب اللوحة الرئيسيّة وموقعها ودرجة الحماية (درجة العزل لها وهي هنا (**IP41**).

ويركَّب عادة في المبنى أو المصنع لوحة توزيع رئيسة واحدة ثلاثيَّة الطور، ولوحات توزيع فرعيّة ثلاثيَّة الطور أو أحاديّة الطور لكل قسم أو شقة.

تختلف لوحات التوزيع حجماً وتركيباً باختلاف مقدار الأحمال الكهربائيّة الَّتي تغذّيها اللوحة ونوعها، ويتم تغذية اللوحة الرئيسيّة من خلال كابل رئيسيّ، ويتم حماية الكابل المُغَذّي للمبنى بواسطة القاطع الرئيسيّ (**MCCB**) الموجود في لوحة التوزيع الرئيسيّة، ويثبت بداخلها قضبان التوزيع الكهربائيّة، حيث يتصل كابل التغذية الرئيسيّ مع هذه القضبان، كما يثبّت بداخلها جميع وسائل التحكّم والحماية المطلوبة للدوائر الكهربائيّة الَّتي تتغذّى من هذه اللوحة.

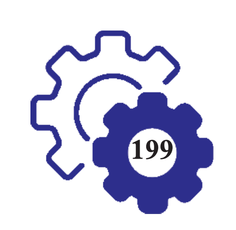


ويُبيِّـن الشـكل (7) لوحـة توزيـع رئيسـية لتغذيـة مبنـى، والَّتـي تحتـوي علـى عـدة لوحـات فرعيّـة لتغذيـة أقسـام المبنـى (المصنـع) مـن مصاعـد، أو وحـدات مركزيـة لتسـخين للميـا،ه أو وحـدات مركزيـة للتكييـف والتبريـد. ويتـم اختيـار سـعة كلّ قاطـع ونوعـه، ومسـاحة مقطـع الكابـل الخـاص بـكل قسـم اعتمـاداً علـى قيمـة التيّـار المـار فـي كلّ دارة كهربائيّـة (لوحـة فرعيّـة) ونـوع الحمـل المتصـل بهـا، ويكـون التـدرّج هنـا مطلـوب مـن الأكبـر إلـى الأقـل بالنسـبة للكابـلات والقواطـع، إذ إنـه لا يجـوز اسـتخدام كابـل رئيسـيّ ذي مسـاحة مقطـع مسـاوٍ أو أقـلّ مـن أي كابـل فرعـيّ لتغذيـة الأحمـال المختلفـة بـل علـى العكـس، يجـب أن يكـون الكابـل الرئيسـيّ ذا أكبـر مسـاحة مقطـع ممكـن. وهـذا بالتأكيـد واضـح لديـك، حيـث إنّ الكابـل الرئيسـيّ المُغَـذّي لمنزلـك مثـلاً يكـون بمسـاحة مقطـع ($6mm^2$ أو $10mm^2$) علـى الأقـل، بينمـا يتـمّ تغذيـة جميـع الأحمـال داخـل المنـزل بأسـلاك ذات مسـاحة مقطـع أقـلّ مـن ذلـك (1.5، 2.5، $4mm^2$).

لوحة التوزيع الرئيسية MDB
اسماء اللوحات التي تغذى من اللوحة الرئيسية
MDB
EARTH N
جسري الارث والنتيوترال
بسبار ٣ فاز
25A ١فاز SPARE
x3 6A 40A
قواطع MCB
لمبات اشارة (٣)
5*10mm2,ø1.5" DB-G1
40A ٣ فاز 5*10mm2,ø1.5" DB-F1
ساعة قياس رقمية D.M.M.
63A MCCB
50A ٣ فاز 5*16mm2,ø2" SMDB
قاطع الى مقولب
40A ٣ فاز 5*10mm2,ø1.5" DB-A
كابل تغذية اللوحة
قاطع بمقرر ١٠٠ امبير يضبط على حوالي ٦٠ امبير
40A ٣ فاز *2 SPARE

MDB اسم اللوحة
WALL MOUNTED FRONT ACCESS تركيب على الحائط
BUSBAR : 100A,3~, 4 WIRES. 220/380V, 50HZ مواصفات البسبار
FED FROM :KWHM طريقة تغذية اللوحة
5*16mm2, XLPE CABLE مساحة مقطع الكابل ونوعه
SHORT CIRCUIT BREAKING CAPACITY :10KA, سعة تيار القصر للقواطع
EN60947-2 المواصفات المتبعة
DEGREE OF PROTECTION IP41 (درجة حماية اللوحة (درجةالعزل
LOCATION: GROUND FLOOR (موقع تركيب اللوحة (الطابق الارضي
مواصفات خاصة باللوحة

شكل (7): المُخطّط أحاديّ الخط للَّوحة التوزيع الرئيسيّة لمبنى مكوَّن من طابقين



ثالثاً- تحديد أنواع الأعطال الكهربائيّة في اللوحات الكهربائيّة:

العطـل الكهربائـيّ: هـو انحـراف قيـم الجهـود والتيّـارات الاعتياديـة عـن القيـم المقـررة لهـا أثنـاء تغذيـة أحمـال كهربائيّـة معيَّنـة.

قد تتعرَّض بعض التركيبات الكهربائيّة لأنواع مختلفة من الأعطال الَّتي يمكن تلخيصها فيما يأتي:

1- خلـل زيـادة الحمـل (يـؤدّي إلـى مـرور تيّـار زائـد عـن الحـد المسـموح عبـر وسـيلة الحمايـة، وبالتالـي فصلهـا).

2- خلل قصر الدارة (يؤدّي إلى مرور تيّار كبير جداً عبر وسيلة الحماية نتيجة تلامس خطين معاً).

3- خلل انهيار العزل في الأسلاك.

4- خلل الاتصال بهيكل معدنيّ.

5- خلل الاتصال بالخط الأرضيّ.

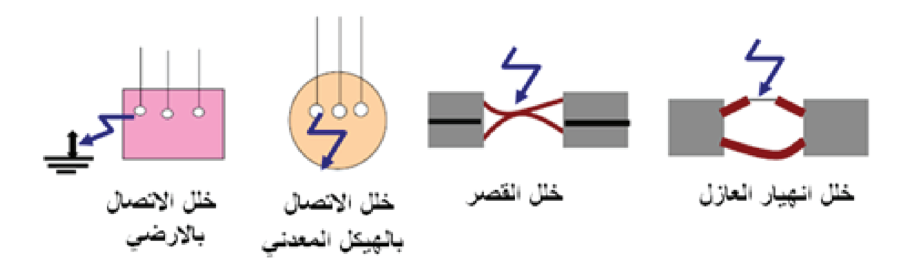
6- خلل فقدان أحد الاطوار في نظام ثلاثي الطور.

7- خلل ارتفاع الجهد عن القيمة المحدّدة.

8- خلل انخفاض الجهد عن القيمة المحدّدة.

9- خلل الدارة المفتوحة في نظام أحاديّ الطور.

ويُبيِّن الشكل (8) بعض أنواع الخلل الَّذي قد يحدث، ويكون مسبباً لتفعيل أجهزة الحماية المناسبة.



شكل (8): أنواع الخلل في التجهيزات الكهربائيّة المختلفة

تعتمـد تقنيـة كشـف الأعطـال وتحديـد أنواعهـا بشـكل كبيـر علـى الخبـرات المتراكمـة لفنيّـي الصيانـة المختصيـن بعمـل صيانـة التركيبـات الكهربائيّـة، حيـث يتوفّـر لديهـم خبـرة ورصيـد سـابق فـي طريقـة عمـل تلـك الأجهـزة، وسـجل كافٍ بنوعيـة وطبيعـة الأعطـال المتكـررة الَّتـي قـد تصيـب هـذه الأجهـزة، وقـد يعـود الأمـر إلـى تسـجيل هـذه الأعطـال؛ ليتـم الاسـتفادة منهـا لاحقـاً فـي تشـخيص هـذه الأعطـال لعمـل الصيانـة اللازمـة لهـذه الأجهـزة لاحقـاً.

ويمكن الاستعانة بالجدول (1) أدناه لفهم بعض أنواع الاخطاء الَّتي تحدث في التركيبات الكهربائيّة، ومسبِّباتها، ونتائجها.

جدول (1): بعض الأخطاء الَّتي تحدث في التركيبات الكهربائيّة، ومسبِّباتها، ونتائجها

الرقم	حالة العطل في الجهاز	أسبابها	أعراضها	نتائجها
-1	**دارة القصّر (Short Circuit)**	تماس بين سلكين في الدائرة الكهربائيّة	مرور تيّار كبير جداً في الدارة	تلف المصهر (الفيوز)
				ارتفاع في الحرارة
				انخفاض في الجهد
				ارتفاع في التيّار
				تصاعد الدخان
-2	**الدارة المفتوحة (Open Circuit)**	فصل يعيق مرور التيّار (عدم شدّ الأسلاك بصورة صحيحة في أجزاء الدائرة المختلفة)	مقاومة عالية جداً وتيار يساوي صفراً	مقاومة ما لا نهاية
				تيار = صفراً
-3	**خلل التأريض**	سوء العزل	اختلال عمل الجهاز	تلف المصهر (الفيوز)
		مرور تيّار في المسار الخطأ (الهيكل)	عمل غير منتظم للجهاز	قراءة خاطئة للجهد
				قراءة خاطئة للمقاومة
				أداء خاطئ للجهاز
		خطأ في التوصيل	صعقة كهربائيّة	الضربات المفاجئة
				تلف متكرِّر في وسائل الحماية
-4	**المشاكل الميكانيكيّة**	كثرة الاحتكاك	تلف الأجهزة وانهيارها	تشغيل غير طبيعيّ
		التآكل	انقطاع السيور	مشاكل مرئية
		كثرة الاستعمال	فقدان التوازن	خلل في الدائرة



رابعاً- طرق كشف الأعطال الكهربائيّة وتشخيصها:

الإجراءات المنطقية لتحديد الأعطال (Troubleshooting Technique):

إن عمليّة كشف الأعطال وتحديدها في الأجهزة الكهربائيّة تحتاج إلى كثير من التركيز، واتّباع الأسلوب المنطقي في التفكير، بالإضافة إلى الترتيب في القيام بالإجراءات السليمة، ويُعدّ فنّي الصيانة جيداً إذا كانت لديه القدرة على تحديد طبيعة العطل ومكانه بأسرع وقت ممكن، وبأقل عدد من القياسات كما في الشكل (13).

وحتى يتسنى له ذلك، لا بد من أن يتبع الأسلوب الَّذي يتضمن الخطوات الآتية:

1- معرفة طبيعة ووظيفة العناصر المراد القيام بإجراء الإصلاح اللازم لها، وهو ينطبق تماماً على المقولة الَّتي تنص على أن: «معرفة المشكلة وفهم طبيعتها يؤدّي إلى امتلاك نصف الحل».

2- التأكّد من فصل مصدر التغذية.

3- الفحص الظاهري للجهاز (النظر، اللمس، والشم)، حيث يتمّ النظر بشكل دقيق إلى عناصر اللوحة للتأكد من خلوها من:

- قطع في أسلاك التوصيل أو توصيلات مفتوحة أو غير صحيحة.
- عناصر محترقة.

4- يتم التدرّج بفحص النقاط الحاكمة بالدائرة باستخدام جهاز الفحص متعدّدة الأغراض (MMD) عبر اختيار بعض نقاط الفحص المُهِمَّة (Test- Points)، حيث يضبط الجهاز على إشارة (فحص استمرارية التوصيل)، الذي يبدأ بفحص نقاط توصيل فيوزات الحماية والقاطع الآلي الخاص بحماية الدائرة؛ وذلك للتحقُّق من اتصال الدائرة بمصدر التغذية، وصولاً إلى فحص النقطة الواصلة لأطراف الحمل.

5- بعدها يتمّ توصيل مصدر الجهد لقياس جهد التغذية للتأكد من قيمته وطبيعته.

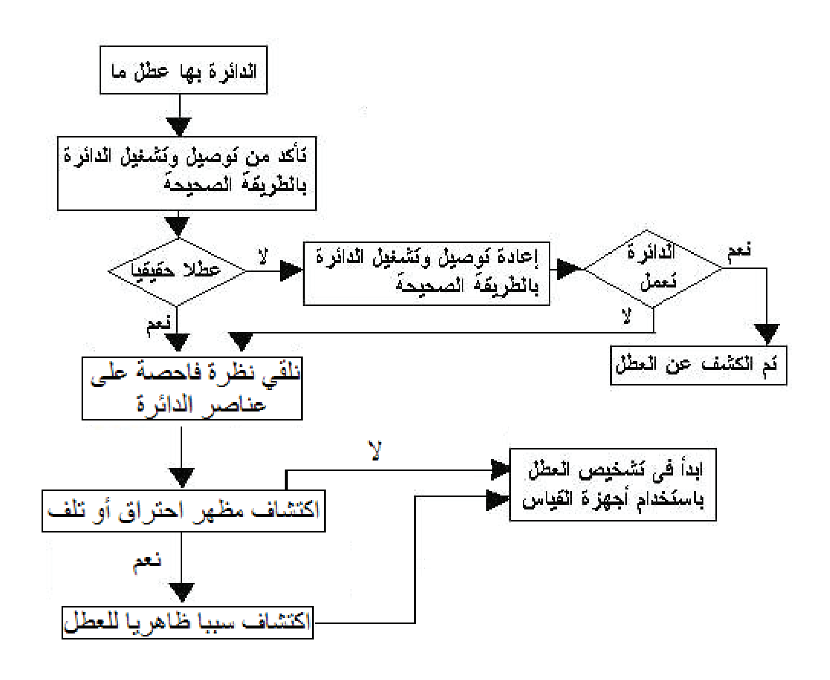
6- عزل المرحلة الَّتي بها عطل عن باقي المراحل باستخدام وسائل الفحص المناسبة في جهاز **(DMM)**.

7- عند التأكّد من طبيعة القياس في الخطوة السابقة (أو عند نقطة ما في المراحل) يجب الوصول لنتيجة أن العطل يكون في المرحلة التالية.

8- تقنية اختبار القياسات: استخدام جهاز قياس الجهد **(DMM)** في المرحلة المشكوك فيها، ومقارنتها مع القيمة الطبيعيّة المتوقعة فيها.



إن عمليّة كشف الأعطال وإصلاحها تحتاج ابتداء إلى مهارة فكرية وذهنية لتحديد مكان العطل، ومن ثمَّ ينتقل الأمر إلى مهارة يدويّة تتلخص في فصل العنصر التالف، وإعادة تركيب البديل بصورة صحيحة وسليمة، بعد تحديد مواصفاته بدقَّة، وحتى يتمّ ذلك لا بد من امتلاك الفنّي الآليَّة اللازمة لتتبع مكان العطل بغرض إصلاحه، كما في الشكل (9).



الشكل (9): مُخطّط لآلية تتبع الأعطال في الدوائر الكهربائيّة

ملاحظة: قبل القيام بإصلاح العطل الَّذي تمّ التوصل إليه يجب أن يتمّ معرفة سبب حدوثه حتى لا يتكرر بعد القيام بإصلاح العنصر التالف.



جدول (1): أعطال مكوّنات لوحات التوزيع الكهربائيّة وطريقة إصلاحها

الرقم	العطل	السبب المحتمل	طريقة التشخيص	شروط الفحص	الإصلاح
-1	**الحمل المتصل بالقاطع الآليّ لا يعمل**	عدم توفّر مصدر الجهد	جهاز الفولت ميتر	الكهرباء متصلة	توفير مصدر الجهد للّوحة الكهرباء
		انقطاع في أحد الأطوار	إشارة الجرس على جهاز (DMM)	الكهرباء مفصولة	توصيل جميع الأطوار إلى المفتاح والحمل
		عطل في التوصيلات (تلف الأسلاك)	جهاز الفولت ميتر	الكهرباء متصلة	شد الأسلاك على نقاط التوصيل
		احتراق أحد المصهرات، أو تلف أحد القواطع	إشارة الجرس على جهاز (DMM)	الكهرباء مفصولة	استبدال العنصر التالف بنفس المواصفات بعد تفقّد السبب
		تحميل زائد	تفقّد درجة حرارة الحمل	الكهرباء مفصولة	إزالة سبب التحميل الزائد
		تلف أطراف توصيل القاطع الآلي	تفقُّد أطراف توصيل القاطع لفحص التحام ملامس أو أكثر أو تلف براغي التثبيت	الكهرباء مفصولة	استبدال القاطع بآخر له نفس المواصفات
		دارة قصر على أطراف الحمل	إشارة الجرس على جهاز (DMM)	الكهرباء مفصولة	استبدال الحمل التالف
-2	**الحمل المتصل بالقاطع الآليّ يعمل بصورة غير طبيعيّة**	ارتفاع/ انخفاض جهد الشبكة عن الجهد الاسمي	جهاز الفولت ميتر	الكهرباء متصلة	إعلام الجهة المعنيّة
		فتح في أحد الأطوار	إشارة الجرس على جهاز (DMM)	الكهرباء مفصولة	توصيل جميع الأطوار من جهة الحمل والمصدر
		ضعف التوصيل في أحد أطراف القاطع المتصل بالحمل نتيجة تراكم الأوساخ	إشارة الجرس على جهاز (DMM)	الكهرباء مفصولة	إزالة الأتربة والأوساخ عن أطراف المفتاح أو استبداله
		عطل في التوصيلات (تلف الأسلاك)	جهاز الفولت ميتر	الكهرباء متصلة	شد الأسلاك على نقاط التوصيل
		التردد أقلّ من التردد الاسمي للحمل المتصل بالقاطع	جهاز قياس التردد	الكهرباء متصلة	إعلام الجهة المعنية أو إزالة السبب
		التحميل الزائد	تفقد درجة حرارة الحمل (المحرِّك)	الكهرباء مفصولة	إزالة سبب التحميل الزائد

وصف الموقف التعليمي:

حضر صاحب منشار حجر رخام إلى مؤسسة صيانة الآلات الصناعيّة يشتكي من ارتفاع فاتورة الكهرباء الشهرية لمنشار حجر رخام مؤخراً، ويريد أن من المؤسسة أن تفحص له مدى فعالية النظام الكهربائيّ الموزّع لأقسام المصنع، وتحدّد السبب، وتعالجه.

العمل الكامل:

خطوات العمل	الوصف	المنهجية	الموارد
أجمع البيانات، وأُحلّلها	• أجمع بيانات من صاحب منشار حجر الرخام عن قيمة الفاتورة الشهرية لتسديد أثمان الكهرباء ولعدد أشهر مناسبة، وكذلك عن طبيعة الأحمال الَّتي يتمّ تشغيلها بصورة دورية. • أجمع بيانات عن: – مبدأ عمل المصنع، وكيف تتمّ عمليّة الإنتاج وقدرتها الكهربائيّة. – كيفية تسلسل عمليّة الإنتاج، وموقع كلّ ماكينة في خطّ الإنتاج. – الجداول العالميّة لمعامل القدرة حسب طبيعة إنتاج المصنع. – العلاقات الكهربائيّة الرياضية البسيطة المستخدمة في الحسابات لرفع معامل القدرة. – الطرق الكهربائيّة المتاحة لرفع معامل القدرة والتجهيزات المتوفّرة في السوق المحلي لذلك. – اختيار طريقة التحسين المناسبة للمصنع. – ما هو متوفّر في السوق المحلي من مكثّفات تحسين معامل القدرة ومواصفاتها وسعتها. – طرق تشغيل أجهزة الوصل والفصل الآلي المستخدمة في رفع معامل القدرة (الكنتاكتورات). – وسائل الأمان والسلامة المهنيّة.	• التعلم التعاوني / العمل بمجموعات • الحوار والمناقشة / تحليل الطلب بين فريق المجموعة. • البحث العلمي.	• قرطاسية. • أوراق للتوثيق (كتالوجات الماكينات، الكود العالميّ لجداول تحسين معامل القدرة الكهربائيّة، العلاقات الرياضية لحساب معامل القدرة للأحمال الكهربائيّة. • مواقع إلكترونيّة تعليمية وفيديوهات تتعلق بحساب معامل قدرة الأحمال الكهربائيّة والطرق الصحيحة لتحسينها.

أُخطِّط، وأُقرِّر	• تصنيف جميع البيانات (مكونات الالات وعددها وطبيعتها، لوحات التحسين، الطرق المتاحة لرفع معامل القدرة، قيم مكثفات رفع معامل القدرة المتوفرة في السوق المحلي، موصفات جهاز التحكم برفع معامل القدرة، طريقة برمجة جهاز التحكم) وتبويبها. • تحديد العِدَد والأدوات والتجهيزات اللازمة للعمل. • إجراء الحسابات اللازمة للأحمال الكهربائيّة الكلّيّة للمصنع. • توثيق هذه الحسابات واختيار الوسيلة الأفضل لرفع معامل القدرة للمصنع. • اختيار الحل الأمثل لرفع معامل القدرة للمصنع بناء على المعلومات السابقة. • رسم مُخطّط لتوصيل أجهزة رفع معامل القدرة مع اللوحة الرئيسيّة للمصنع حسب تسلسل عمليّة الإنتاج وطريقة ومدة تشغيلها. • اختيار سعة صناديق توصيل المكثّفات المناسب. • اختيار وسائل البيان والقياس المناسبة لقياس معامل القدرة أثناء العمل. • اتّباع شروط السلامة المهنيّة أثناء التركيب. • كتابة جدول يُبيِّن التكلفة لكل العمل. • إعداد جدول زمنيّ لإنهاء العمل.	• الحوار والمناقشة. • العمل ضمن مجموعات. • البحث العلمي.	• قرطاسيّة. • جهاز حاسوب. • المُخطّطات الكهربائيّة الخاصَّة باللوحة. • أجهزة القياس المناسبة. • نموذج قدرات الآلات المستخدمة وطبيعة ونوع الأحمال فيها. • جداول تحسين معامل القدرة. • نموذج تقدير التكاليف.
	• استخدام عدد السلامة المهنيّة لإنجاز المهمة وفقاً للمعايير الفنِّيَّة وأنظمة السلامة ذات الصلة: – استخدام العِدَد والأدوات المناسبة للفك والتركيب والتثبيت. – استخدام أجهزة القياس الكهربائيّة المناسبة. – قياس قيمة معامل القدرة للمصنع القائم قبل التحسين.	• الحوار والمناقشة. • العمل ضمن مجموعات. • البحث العلمي. • العصف الذهني.	• أدوات السلامة المهنيّة. • صندوق عدة كامل. • أجهزة القياس الكهربائيّة. • المُخطّطات الكهربائيّة الخاصَّة باللوحة الكهربائيّة. • أجهزة القياس الكهربائيّة. • جهاز التحكّم الخاص.

أنفّذ	– تركيب صندوق المكثّفات الخاص بتحسين معامل القدرة في اللوحة الكهربائيّة. – تثبيت أجهزة قياس وتعديل معامل القدرة على واجهة اللوحة الكهربائيّة. – تشغيل الأحمال الكهربائيّة لقياس قيمة معامل القدرة بعد التحسين للتأكد من قيمتها الجديدة.		• بتحسين معامل القدرة الآلي. • كوابل التمديد اللازمة. • صندوق المكثّفات وأجهزة التحكّم الخاصَّة بها. • العدد الخاصَّة بالفك والتركيب والصيانة.
أتحقَّق	• إعادة التحقق من كلّ عمليّات التركيب. • التأكّد من تشغيل المصنع. • التأكّد من قياس قدرة جميع الأحمال الكهربائيّة. • إجراء جميع القياسات اللازمة لفحص تيّار الأحمال الكهربائيّة الكلّيّة (التيّار الكلّيّ للمصنع). • إعادة تقييم العمل والتحقق من جودة العمل. • تقييم السلامة والاحتياطات الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار أثناء التركيب لحماية الآخرين من خطر الكهرباء. • تقييم معامل الأمان الَّتي تمّ أخذها بعين الاعتبار في تنفيذ المهمة.	• النقاش الجماعي.	• قائمة التدقيق الخاصَّة بالتحكّم بالعمل. • جداول تحسين معامل القدرة القياسيّة. • مخططات التوصيل للجهاز. • تعليمات السلامة العامة. • معايير الجودة والمواصفات.
أُوثِّق، وأقدِّم	• إنشاء ملفات خاصَّة بالزبائن. • تسليم الوثائق والمواصفات الفنيَّة للزبون. • تقديم تقرير مفصل عن طبيعة الأحمال وقدراتها وزمن تشغيلها ومقدار قيمة مكثّفات التحسين وطريقة الربط لمسؤول الشركة بما تمّ إنجازه.	• النقاش مع الزبون بما تمّ إنجازه. • عرض تقديمي.	• جهاز حاسوب. • جهاز عرض. • اقلام وقرطاسية.
أقوِّم	• رضى صاحب منشار حجر الرخام بما يتفق مع طلبة. • المطابقة مع المواصفات والمعايير.	• الحوار والمناقشة. • البحث العلمي.	• نماذج التقييم. • طلب الزبون.



الأسئلة:

1- أفسِّر أهمِّيَّة قيمة معامل القدرة بالنسبة لمنظومة الكهرباء في أي مصنع.
2- أوضِّح لماذا يجب أن تكون قيمة معامل القدرة أعلى من (0.9) لأي منشأة صناعيّة.
3- أوضح كيف يتمّ تنظيم العمل المتعلق بقياس معامل القدرة الكهربائيّة واختيار صندوق المكثّفات؟
4- أوضح الشكل الصحيح للقيام بقياس الأحمال الكهربائيّة واختيار طرق التحسين؟



أولاً- مفهوم معامل القدرة (Power Factor) وأهميّته:

معامل القدرة: مقدار القدرة الكهربائية المستفاد منها أو المستغلة (الفعالة) مقارنة بالقدرة المعطاة الكلية المغذية للحمل.

مر معك سابقاً أنه في حالة الأحمال المتناوبة (أحاديّة الطور أو ثلاثيَّة الطور)، والتي عادة ما تضمّ أحمالاً لا تقتصر على المقاومات المادية فقط، بل تضم أيضاً ملفات ومكثفات كعنصري تخزين، لذلك يضاف لكل من متجه التيّار ومتجه الجهد حد ثالث يعرف بمعامل القدرة، لأن كلّاً من الملف والمكثف يصنع زاوية ما بين متجه التيّار والجهد (تسمى زاوية الطور- θ) وهي في هذه الحالة لا تساوي صفراً (كما هو الحال في المقاومة)، ويعبَّر عن هذا الحد بمصطلح (معامل القدرة) أو ما يعرف بـ (cosθ).

حيث إنّ:

$$0 \le \text{معامل القدرة} \le 1$$

وبالتالي في حالة الأحمال أحاديّة الطور فإنَّ:

القدرة الفعالة = القدرة الظاهرية × معامل القدرة

أو

$$\text{معامل القدرة} = \frac{\text{القدرة الفعالة}}{\text{القدرة الظاهرية}}$$

حيث يمثّل معامل القدرة مقدار القدرة الكهربائيّة المستفاد منها أو المستغلة (الفعّالة) مقارنة بالقدرة المعطاة الكليّة المُغَذّية للحمل.



ومن هنا يمكن الاستنتاج بسهوله أنَّ مقدار فعالية نظام توزيع طاقة كهربائيّة إلى الأحمال المختلفة يتحدد بشكل أساسي بقيمة مقدار معامل القدرة للحمل المغذي من مصدر الجهد. وعادة ما يكون معامل القدرة منخفضاً في الأحمال الحثِّيَّة ثلاثيَّة الطور (تتمثَّل في المصانع في الغالب) لاحتوائها على محرِّكات يكون المكون الأساسي فيها الملفات، وهذا ما يتطلّب في الغالب رفع معامل القدرة لتلك الأحمال إلى قيمة مقبولة لدى شركات توزيع التيّار الكهربائيّ، وهي تكون في الغالب أكبر من (0.90) لدى معظم هذه الشركات.

1- التجهيزات الكهربائيّة الَّتي لها معامل قدرة منخفض هي:

- كلّ أنواع المحرِّكات الحثِّيَّة الَّتي تمثِّل معظم الأحمال الصناعيّة.
- محوِّلات القوى ومنظِّمات الجهد.
- آلات اللحام الكهربائيّة.
- أفران القوس الكهربائيّ والأفران الحثِّيَّة.
- الملفّات الخانقة والأنظمة المغناطيسيّة.
- كشّافات الفلوريسنت والنيون.

2- أهمِّيَّة تحسين معامل القدرة في المصانع والآلات:

أ- تقليل التيّار المسحوب من مصدر التغذية بصورة فعالة؛ وهذا بالتالي:

- يقلِّل من مقدار الهبوط في الجهد المفقود.
- يقلِّل من مساحة مقطع الكابلات المُغَذّية للأحمال الكهربائيّة المختلفة.
- يقلِّل من مقدار القدرة الظاهرية لكل من المولّدات الكهربائيّة في محطّات توليد الطاقة.
- يقلِّل من مقدار المحوّلات الكهربائيّة المُغَذّية للأحمال الصناعيّة (محوّلات النقل والتوزيع).

ب- يخفض من تكاليف فتح المنشآت الصناعيّة، وبالتالي من تكاليف الطاقة بالنسبة للدول.

ج- يخفض من فاتورة الكهرباء للمصانع والمنشآت الصناعيّة.

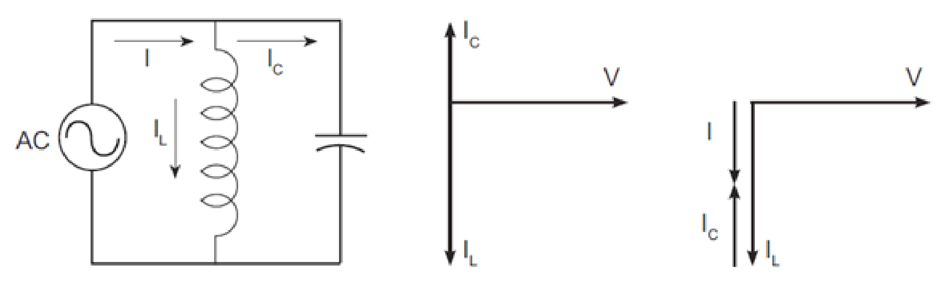


ثانياً- طريقة تحسين معامل القدرة (POWER FACTOR CONTROLLER):

للحصول على أفضل ميزة اقتصادية من القدرة الكهربائيّة، فإنَّ كلاً من محطات التوليد وأماكن الاستهلاك لا بد أن تعمل بكفاءة عالية. ولتحقيق ذلك فمن الضروريّ أن يكون معامل القدرة عالياً للنظام الكهربائي.

تحسين معامل القدرة: هي عملية معادلة التيار المتفاعل عن طريق تقليل مقدار التيار المسحوب من مصدر التغذية، مع المحافظة على مقدار التيار الفعال (المستغل) المغذّي للحمل.

إن معظم الأحمال في أنظمة التوزيع الحديثة أحمال حثية، وهذا يعني أنَّها تحتاج لمجال كهرومغناطيسي لعملها، وأبسط الطرق لتحسين معامل القدرة هو إضافة مكثّفات، على التوازي مع الأحمال، حيث تعمل هذه المكثّفات كمولّدات تيّار فاعلة؛ مما يؤدّي إلى تقليل التيّار الكلّيّ للنظام، ويمثّل الشكل (1) دائرة توضيحية تبيّن آلية عمل المكثّف في الأحمال الحثّيّة.



شكل (1): آلية عمل المكثّف في الأحمال الحثّيّة

حيث يمثّل (I_L) تيار الدائرة الكلّيّ قبل توصيل المكثّف، وهو يتأخر بزاوية (90°)، وعند وضع المكثّف على التوازي مع الحمل، فإنه يسحب تياراً سعوياً يمثّل بـ (I_C)، يتقدم عن جهد المصدر بزاوية مقدارها (90°)، وفي هذه الحالة يكون التيّار الكلّيّ المسحوب من المصدر هو مجموع التيّارات من الملف والمكثّف: ($I = I_L - I_C$)، والإشارة السالبة هنا تعني أن I_C على بعد (180°) من (I_L)، وعليه فإنَّ القدرة غير الفعّالة تساوي:



شكل (2): مكثفات تحسين معامل القدرة

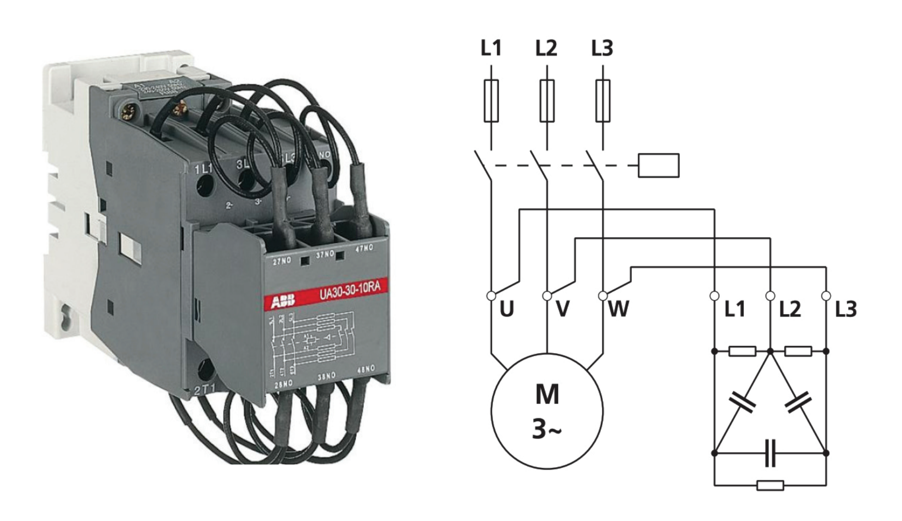
$$Q = Q_L - Q_C = V\ (I_L - I_C)$$

لذلك تُعدّ المكثّفات من العناصر الرئيسيّة المستخدمة في تحسين معامل القدرة، وتصنع مكثّفات القدرة بأحجام وسِعات مختلفة، ويُبيِّن الشكل (2) أحجام هذه المكثّفات ومواصفاتها.

1- تحسين معامل القدرة باستخدام مكثّفات:

أ- تحسين أحاديّ (Single Compensation):

يتم توصيل مكثف أو صندوق مكثّفات (Capacitor Bank)، على التوازي مباشرة مع الحمل الحثّيّ، باستخدام مفتاح مغناطيسيّ، كما يتمّ توصيل مقاومات على التوازي مع المكثّفات لتفريغ الشحنات، الشكل (3).



شكل (3): تحسين أحاديّ لمعامل القدرة باستخدام مفتاح مغناطيسي

ملاحظة: من المفضل دائماً توصيل المكثّفات بطريقة دلتا، وليس بطريقة ستار (لأنَّ قيم المكثّفات تكون مساوية للثلث).

ب- تحسين مجموعة (Group Compensation):

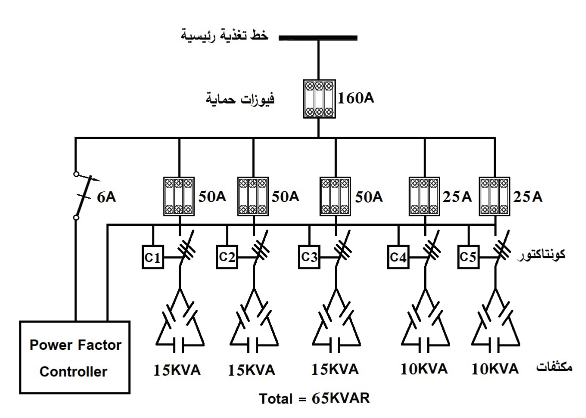
في هذه الحالة يتمّ تحسين معامل القدرة لمجموعة من الأحمال، الّتي يتمّ تغذيتها من مصدر واحد، باستخدام صندوق مكثّفات، وهذا ينطبق على الالات والتجهيزات الازمة لإنارة شارع ما.

ج- تحسين مركزي (Central Compensation):

في هذه الحالة يتمّ تحسين معامل القدرة لجميع الأحمال من خلال الموزع الرئيسيّ، حيث إنّ الحمل يتغيَّر بشكل دوريّ، فإنَّ تحديد القدرة غير الفعّالة لكلّ حمل يتمّ بصورة مستقلّة، إذ إنّ صندوق المكثّفات يحتوي على عدَّة مجموعات من المكثّفات، يتمّ التحكّم في كلّ منها على حدة، عن طريق جهاز تحكم خاص (PF Controller)، الّذي بدوره يتحكم في مجموعة مفاتيح مغناطيسية، كما في الشكل (4)، وبطريقة آلية حسب قيمة الحمل المتغيِّر، كما يعمل جهاز التحكّم على رصد قيم معامل القدرة والقدرة الفعّالة والقدرة غير الفعّالة.







شكل (4): تحسين مركزي لمعامل القدرة باستخدام جهاز تحكم

2- طريقة الجداول لتحسين معامل القدرة:

وهي من الطرق شائعة الاستعمال وتعطي مقنن المكثف المطلوب لتحسين معامل القدرة من معامل القدرة الموجود بالفعل إلى معامل القدرة المراد الوصول إليه.

بفرض أن معامل القدرة المراد تحسينه هو ($Cos\theta_1$)، فإنه يمكن كتابة المعادلات التالية:

معامل القدرة$_1$ = $Cos\theta_1$

القدرة الفعالة$_1$ = (القدرة الظاهرية$_1$) × ($Cos\theta_1$)

القدرة الغير الفعالة$_1$ = (القدرة الظاهرية$_1$) × ($sin\theta_1$)

القدرة الغير الفعالة$_1$ = (القدرة الفعالة) × ($tan\theta_1$)

وبفرض أن معامل القدرة تم تحسينه إلى ($Cos\theta_2$) فإن:

معامل القدرة$_2$ = $Cos\theta_2$

القدرة الفعالة$_2$ = (القدرة الظاهرية$_2$) × ($Cos\theta_2$)

القدرة الغير الفعالة$_2$ = (القدرة الظاهرية$_2$) × ($sin\theta_2$)

القدرة الغير الفعالة$_2$ = (القدرة الفعالة) × ($tan\theta_2$)

لذلك فإن قدرة المكثف المطلوبة (Q_C) = (القدرة الغير الفعالة$_1$) − (القدرة الغير الفعالة$_2$)

(Q_C) = (القدرة الفعالة) × ($tan\theta_2$ - $tan\theta_1$) = (القدرة الفعالة) × (معامل الضرب)

$$Q_C = (Q_1 - Q_2)$$

لذلك فإن قدرة المكثف المطلوبة:

$Q_C = P \times$ (معامل الضرب) $= (Q_1 - Q_2)$

حيث أن:

P	القدرة الكهربائية، وحدتها (KW)



جدول تحسين معامل القدرة

معامل الضرب لتحسين معامل القدرة إلى:									معامل القدرة المراد تحسينة
0.80	0.85	0.90	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00	
0.583	0.713	0.849	1.004	1.041	1.082	1.130	1.190	1.333	0.60
0.549	0.679	0.815	0.970	1.007	1.048	1.096	1.156	1.229	0.61
0.515	0.645	0.781	0.936	0.973	1.014	1.062	1.122	1.265	0.62
0.483	0.613	0.749	0.904	0.941	0.982	1.030	1.090	1.233	0.63
0.451	0.581	0.717	0.872	0.909	0.950	0.998	1.058	1.201	0.64
0.419	0.549	0.625	0.840	0.877	0.918	0966	1.026	1.169	0.65
0.388	0.518	0.654	0.809	0.846	0.887	0.935	0.990	1.138	0.66
0.358	0.488	0.624	0.779	0.816	0.857	0.905	0.965	1.108	0.67
0.328	0.458	0.594	0.749	0.786	0.827	0.875	0.935	0.078	0.68
0.299	0.429	0.565	0.720	0.757	0.798	0.846	0.906	1.078	0.69
0.270	0.499	0.536	0.691	0.728	0.769	0.817	0.877	1.049	0.70
0.242	0.372	0.508	0.663	0.700	0.741	0.789	0.849	1.020	0.71
0.214	0.344	0.470	0.635	0.672	0.713	0.761	0.821	0.992	0.72
0.186	0.316	0.452	0.606	0.644	0.685	0.733	0.793	0.964	0.73
0.159	0.289	0.425	0.580	0.617	0.658	0.706	0.766	0.936	0.74
0.132	0.262	0.398	0.553	0.590	0.631	0.679	0.739	0.909	0.75
0.105	0.235	0.371	0.526	0.563	0.604	0.652	0.712	0.882	0.76
0.079	0.209	0.345	0.500	0.537	0.578	0.626	0.686	0.855	0.77
0.052	0.182	0.381	0.473	0.510	0.551	0.559	0.659	0.829	0.78
0.026	0.156	0.292	0.447	0.484	0.525	0.573	0.633	0.802	0.79
----	0.130	0.266	0.421	0.458	0.499	0.547	0.607	0.776	0.80
----	0.104	0.240	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0.750	0.81
----	0.078	0.214	0.369	0.406	0.447	0.495	0.555	0.724	0.82
----	0.052	0.188	0.343	0.380	0.421	0.469	0.529	0.698	0.83
----	0.026	0.162	0.31	0.354	0.395	0.443	0.503	0.672	0.84
----	----	0.136	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.646	0.85
----	----	0.109	0.264	0.301	0.342	0.390	0.450	0.620	0.86
----	----	0.083	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.592	0.87
----	----	0.056	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.567	0.88
----	----	0.028	0.183	0.220	0.261	0.309	0.369	0.540	0.89
----	----	----	0.155	0.192	0.233	0.281	0.341	0.512	0.90
----	----	----	0.127	0.164	0.205	0.253	0.313	0.484	0.91
----	----	----	0.097	0.434	0.175	0.223	0.283	0.456	0.92
----	----	----	0.066	0.103	0.144	0.192	0.252	0.395	0.93
----	----	----	0.034	0.071	0.112	0.160	0.220	0.363	0.94
----	----	----	----	0.037	0.078	0.126	0.186	0.329	0.95
----	----	----	----	----	----	0.089	0.149	0.292	0.96
----	----	----	----	----	----	0.048	0.108	00.251	0.97
----	----	----	----	----	----	----	0.060	0.203	0.98
----	----	----	----	----	----	----	----	0.143	0.99

ويمكن بيان آلية استعمال الجدول بالمثال التالي:

مثال (1):

حمل كهربائي قدرته الفعالة (400KW) بمعامل قدرة (0.8) متأخر، باستخدام الجدول حدِّد القدرة غير الفعّالة المقنّنة للمكثّف لرفع معامل القدرة إلى (0.9) متأخر.

الحل:

معامل القدرة المراد تحسينه = (0.8)

معامل القدرة المراد الوصول اليه = (0.9)

من الجدول (4) أدناه، فإنَّ معامل الضرب = (0.266)

وعليه فإنَّ القدرة غير الفعّالة (Q_{c3ph}) المتقدّمة المطلوبة من المكثّفات للأطوار الثلاث:

= القدرة الفعّالة × معامل الضرب

$= 0.266 \times 400KW$

$= 106.4\ KVAR$

مثال (2):

إذا علمت أن قيمة القدرة غير الفعّالة المطلوبة لتحسين معامل القدرة تساوي (12.19 KVAR)، أوجد قيمة سعة كل مكثف (C) يتمّ توصيله بطريقة دلتا مع النظام الّذي يعمل بجهد (400V) والمراد رفع معامل القدرة له لكل طور؟

الحل:

تكون القدرة الغير فعالة لكل طور هي:

$$Q_{C,ph} = \frac{Q_c}{3} = \frac{12.19}{3} = 4.063KVAR$$

الجهد على المكثف الواحد هو جهد الخط ($V_C = V_L = 400V$) وبذلك فإن:

$$Q_{C,ph} = Ic \times Vc = \frac{V_c^{\ 2}}{\mathbf{X}_c} = V_c^{\ 2} \times \omega \times C$$

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 50\ (Hz) = 314$$

$$C = \frac{Q_{C,ph}}{\omega \times V_c^{\ 2}} = \frac{4.063 \times 10^3}{314 \times (400)^2} = 80 \times 10^{-6}\ F = 80\mu F$$



أسئلة الوحدة

السؤال الأول: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1- ما الجهد الكهربائيّ؟

أ- جهد ثابت القيمة والاتجاه مع تغير الزمن.

ب- جهد متغير القيمة والاتجاه مع تغير الزمن.

ج- قوة خارجيّة مؤثرة تجبر الإلكترونات الحرة على التحرك في موصل باتجاه معين.

د- يمكن الحصول عليه من البطاريات والخلايا الشمسية ومولدات التيّار المستمرّ.

2- ما الجهاز الَّذي يقيس التيّار الكهربائيّ؟

أ- الأوم ميتر، ويوصل على التوازي مع العنصر المراد قياس التيّار فيه.

ب- الأوم ميتر، ويوصل على التوالي مع العنصر المراد قياس التيّار فيه.

ج- الفولت ميتر، ويوصل على التوالي مع العنصر المراد قياس التيّار فيه.

د- الأوم ميتر، ويوصل على التوازي مع العنصر المراد قياس التيّار فيه.

3- ما طريقة فحص المقاومة المتغيِّرة على إشارة الأوم (Ω) باستخدام جهاز (DMM)؟

أ- فحص القيمة ما بين الطرفين (1 و 3) التي ستعطي قيمة المقاومة كاملة.

ب- الفحص بين أحد الأطراف (1 أو 3) والطرف الأوسط (2)، بحيث تتغير القيمة عند تغير ذراع الدوران للمقاومة، وبهذا تكون المقاومة سليمة.

ج- الفحص ما بين كلّ طرفين فقط؛ مما سيعطي قيمة المقاومة كاملة.

د- الفحص ما بين كلّ طرفين فقط؛ مما سيعطي قيمة نصف المقاومة كاملة.

4- ما أهم القياسات الَّتي تؤدّي إلى كشف أعطال معظم المُعَدّات الكهربائيّة عند فحص قيمة المقاومة لها؟

أ- عند قراءة الجهاز لقيمة الصفر تدلّ على قصر دارة؛ وبالتالي عطل في الجهاز.

ب- عند قراءة الجهاز لقيمة كبيرة جداً تدلّ على وجود دارة مفتوحة؛ وبالتالي عطل في الجهاز.

ج- عند قراءة الجهاز لقيمة الصفر تدلّ على قصر دارة؛ وبالتالي يكون الجهاز صالحاً.

د- (أ) و (ب).



5- ما دلالات توصيل المقاومات على التوازي؟

أ- المقاومة المكافئة (R_T) تساوي حاصل الجمع الجبري لمعكوسهم؛ وهي بالتالي أقلّ قيمة من قيمة أصغر مقاومة متصلة على التوازي.

ب- الجهد الكلّيّ (V_T) هو جهد ثابت، ويساوي جهد المصدر نفسه، وأيضاً يكون متساوياً على جميع المقاومات.

ج- التيّار الكلّيّ (I_T) يتوزع على الدائرة، والمقاومة ذات القيمة الأصغر تأخذ التيّار الأكبر والعكس صحيح، ومجموع تيارات المقاومات جميعها يساوي التيّار الكلّيّ المسحوب من المصدر.

د- (أ) و (ب).

6- ما قيمة التيّار المسحوب من المصدر لحمل كهربائيّ قدرته (1KW) يعمل بجهد طور 1 فاز، وبمعامل قدرة قيمته (0.57)، مع العلم أن كفاءة للحمل (100%)؟

أ- (1.5 A).

ب- (0.6 A).

ج- (0.3 A).

د- (0.4 A).

7- ما الاعتبارات المهمّة لتحديد مواصفات الكابل المناسب لقدرة حمل كهربائيّ؟

أ- مادة صنع الكابل وعدد القلوب.

ب- طبيعة الحمل من حيث قيمة الجهد ونوعه وقدرته بالإضافة لقيمة معامل القدرة.

ج- درجة حرارة محيط تمديد الكابل وطريقة التمديد.

د- جميع ما ذكر.

8- ما الأسباب المحتملة للوحة كهربائيّة رئيسيّة لا تعطي تياراً؟

أ- عطل في القاطع الرئيسيّ.

ب- عطل في جهاز تحكُّم تحسين معامل القدرة.

ج- عطل في المفتاح المغناطيسي التابع للمولِّد.

د- عطل في وحدات المكثّفات في لوحة تحسين معامل القدرة.

9- ما الأسباب المحتملة لعدم دخول المكثّفات في دائرة تحسين معامل القدرة لجهاز التحكّم في تحسين معامل القدرة؟

أ- خلل في المفاتيح المغناطيسية في لوحة التحسين.

ب- خلل في دائرة تشغيل المولد.

ج- عدم تتابع الأطوار الثلاثة (Phase Sequence).

د- عطل في عدّاد القدرة غير الفعّالة.



10- ما الأسباب المحتملة لعدّاد قدرة فعّالة لا يعمل؟

أ- خلل في فيوزات الحماية التابعة له.

ب- عدم تتابع الأطوار الثلاثة.

ج- عطل في المفتاح المغناطيسي التابع للمولد.

د- خلل في عداد القدرة غير الفعّالة.

السؤال الثاني:

1- عند توصيل المقاومات على التوالي يتوزع الجهد عليها حسب قيمتها، بينما يبقى التيّار ثابت القيمة، فسِّر ذلك.

2- عند توصيل المقاومات على التوازي يتوزع التيّار بينما يبقى الجهد ثابت، فسِّر ذلك.

3- حدِّد الفرق بين استخدام المصهرات واستخدام القواطع الآليّة في لوحات التوزيع الكهربائيّة. واذكر أنواع كلّ منها.

4- قارن بين ميزات كلّ من القواطع الآليّة المصغَّرة (MCB) والقواطع الآليّة المقولبة (MCCB).

5- فسِّر كيف يعمل قاطع التسرّب الأرضيّ ليحمي الأشخاص من الكهرباء.

السؤال الثالث:

أكمل الجدول التالي الَّذي يُبيِّن ملحقات لوحات التوزيع الكهربائيّة واستخداماتها.

الرقم	اسم القطعة أو العنصر في اللوحة	الاستخدام
1	جسر أوميغا	
2	الجسر النحاسي	
3	المشط النحاسي المعزول (جسر الفازات)	
4	مروحة تبريد مع مرشحات هواء	
5	نعل الكابل	
6	جلب (جلندات)	
7	المجاري البلاستيكية مفتوحة الجوانب	



السؤال الرابع:

ضع إشارة (✓) أمام العبارات الصحيحة، وإشارة (✗) أمام العبارات غير الصحيحة فيما يأتي:

أ- ( ) تقاس الجهد الكهربائيّ بوحدة الفولت أو أجزائها أو مضاعفاتها.

ب- ( ) تعرف القدرة الكهربائيّة بأنها حاصل ضرب المقاومة في التيّار.

ت- ( ) وحدة قياس الطاقة الكهربائيّة هي الواط.

ث- ( ) لوحات توزيع النهائيّة هي اللوحات الّتي تسبق الأحمال الكهربائيّة، وتوفّر عناصر الحماية اللازمة وأجهزتها.

ج- ( ) يجب تأريض اللوحات الكهربائيّة من عدة أماكن لضمان سلامة العاملين والأجهزة داخلها.

ح- ( ) تستخدم عوازل قضبان التوزيع لعزلها عن هيكل اللوحة الكهربائيّة.

خ- ( ) تستخدم اللوحات الكهربائيّة الرئيسيّة لتوزيع التيّار الكهربائيّ من لوحة نهائيّة إلى الأحمال الكهربائيّة.

د- ( ) يعمل القاطع الآلي (Circuit Breaker) على فصل تيارات القصر فقط.

السؤال الخامس:

1- احسب قيمة المقاومة المكافئة لكل حالة إذا وصلت (4) مقاومات متساوية قيمة كلّ منها (10Ω) كما يلي:

أولاً- على التوالي.

ثانيا- على التوازي.

2- ما المقصّود بمعامل القدرة، وما فوائده؟ وكيف يتمّ تحسينه؟

3- حمل كهربائيّ قدرته الفعّالة (500KW) بمعامل قدرة (0.85) متأخر. حدِّد القدرة الظاهرية المقنّنة للمكثّف لرفع معامل القدرة إلى (0.95) متأخّر باستخدام أسلوب الجداول.

4- لماذا تتمتّع مادة (XLPE) بخصائص أفضل من مادة (PVC)؟



تمارين عمليّة تقييمية

تمرين عملي (1) :

بالاستعانة بالأشكال الآتية أدناه (وما هو متوفّر في مشغلك من قواطع آليّة)،

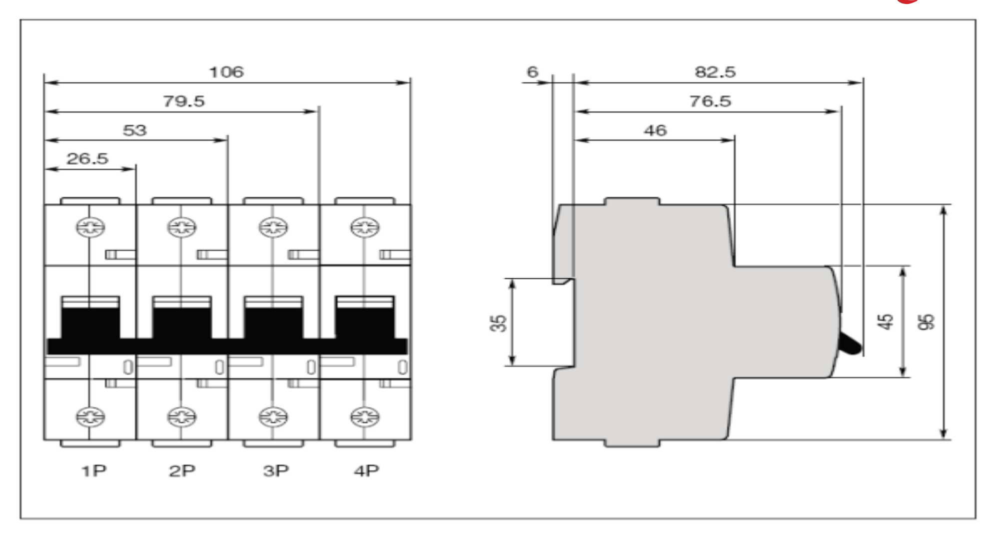
المطلوب:

1- قياس أبعاد كلّ من القواطع الآليّة المصغّرة (MCB)، وقواطع الدارة المقولبة (MCCB) المتوفّرة لديك بوحدة المليميتر.

2- تسجيل قيم (العرض × الطول × العمق) لكل منهما. ماذا تستنتج؟

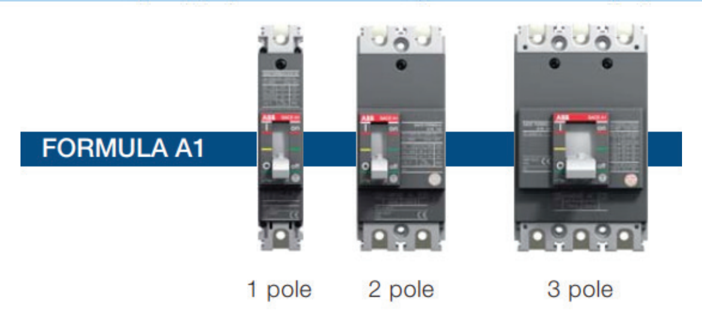
3- بماذا تفيدك هذه القياسات؟

أ- أبعاد قاطع دارة مصغَّرة (MCB):



ب- أبعاد القواطع الآليَّة المقولبة بأنواعها: بالمليمتر/ بالإنش: (w x d x h)

1 pole	[mm]/[in]	[25.4 x 60 x 130] / [1 x 2.36 x 5.12]
2 poles	[mm]/[in]	[50.8 x 60 x 130] / [2 x 2.36 x 5.12]
3 poles	[mm]/[in]	[76.2 x 60 x 130] / [3 x 2.36 x 5.12]



Dimensions - Fixed
(Width x Depth x Height)



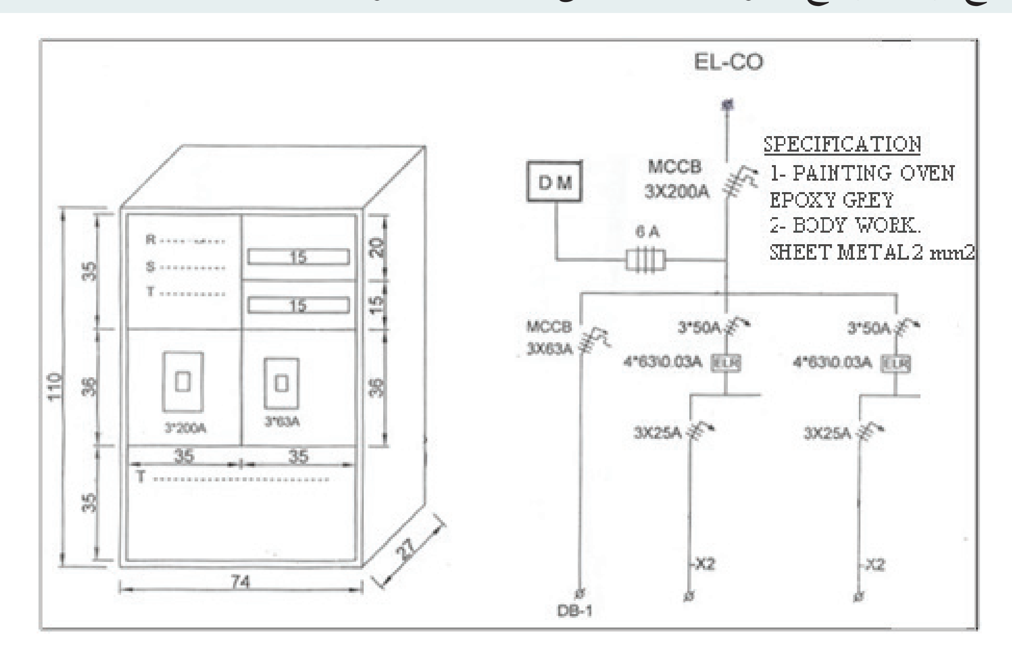
تمرين عملي (2):

محرِّك حثّي ثلاثيّ الطور قدرته (10KW) بمعامل قدرة (0.75)، ويعمل على فرق جهد مقداره (400V)، يراد تغذيته بشكل مباشر من مصدر الجهد ثلاثيّ الطور، مع العلم أنّ كفاءة الحمل (100%) وأنّ درجة حرارة المحيط تبلغ (20 درجة مئوية)، وأنّ تغذية الحمل تتمّ بتمديد الكابل متعدّد القلوب داخل مواسير تثبّت على الحائط، وأنّ عازل الكابل يجب أن يكون من نوع (XLPE)؟ المطلوب:

1- تحديد مساحة مقطع الموصلات المناسبة لتغذية المحرِّك.
2- تحديد سعة قواطع الحماية الواجب استخدامها في اللوحة.
3- تحديد قطر ماسورة التمديد المناسبة لتغذية الحمل، مع مراعاة عامل الفراغ، وذلك بالرجوع للجداول.
4- تصميم لوحة خاصَّة لتشغيل المحرِّك بطريقة دلتا.
5- عمل تأريض مناسب للَّوحة مع تحديد مساحة مقطع خطّ الإرث المناسب.
6- قياس قيمة تيّار الحمل الكامل بواسطة الجهاز المناسب، ثمَّ تسجيلها.
7- إضافة مكثّفات على التوازي مع المحرِّك لرفع معامل القدرة إلى (0.9) مستعيناً بالرسم.
8- قياس قيمة التيّار المسحوب بعد تحسين معامل القدرة وتسجيله.
9- كتابة تقرير عن استنتاجاتك.

مشروع:

يوضِّح المُخطّط في الشكل أدناه، توزيع مكوّنات لوحة ثلاثيَّة الطور وأبعادها والمُخطّط الأحاديّ للوحة. اكتب جدولاً عن مكوّنات اللوحة، وأبعادها، ومواصفات العناصر المكوّنة لها؟ ثمَّ قم بتجميع لوحة توزيع كهربائيّة بناء على المُخطّط المرفق أدناه.





تَمَّ بِحَمْدِ اللّٰهِ



لجنة المناهج الوزاريّة

د. صبري صيدم | د. بصري صالح | أ. ثروت زيد
د. سميّة النّخالة | م. وسام نخلة

لجنة الخطوط العريضة لمنهاج آلات صناعية

م. زياد القواسمة | م. أيمن الزعتري | م. رامي أبو شخيدم | م. عزيز عرفة

